הוצאת
„תושיה"
מערכת
בן־אביגדור

ביבליותיקה עברית

יט

לכל בית בישראל

בבליותיקה עברית

ק. פלמריון.

השמים

אסטרונומיה פופולרית עם ציורים.

תרגום

מ. וועבער.

ספר ראשון.

ווארשא. תרנ"ט.

בדפוס מ. י. האלטער ושותפו, נאלעווקי 7.

מחיר הספר 30 קאפ',
לקונים תמידים במדרגה שניה 17½ קאפ',
במדרגה ראשונה 15 קאפ' עם משלוח.

ביבליותיקה עברית

לכל בית בישראל.

מאתים ספרים, בארבע שנים.

כל ספר יכיל בערך 5 באָגען. כל הביבליותיקה — בערך
אלף באָגען (16000 עמודים).

ביסוד הביבליותיקה הזאת עשינו חדשה במקצוע הוצאת ספרים עב
חדשה שלא היתה עוד כמוה בספרות העברית, חדשה העלולה ל
תקופה חדשה, תקופת חיים ואורה, התקדמות והתפתחות גדולה, בספ
העברית.

הביבליותיקה העברית תכיל בקרבה ספרים בכל מקצעות הספ
העברית: ספורים, תמונות וציורים, מחזות ושירים, ס
מדע כלליים ובחכמת ישראל, ספרי מסע ותולדות אנשי ש
ספרים משופרי דשופרא, מעשי ידי סופרים חכמים מוכשרים ל
ספרים אשר יעשירו את ספרותנו עשר רב ויתנו לעם מזון רוחני מכל
מבריא וטוב.

ומחיר מצער מאד קצבנו לביבליותיקה הזאת לקונים תמידים,
מצער ודל שלא היה עוד כמוהו בספרותנו העברית,
אשר תהיה לדבר השוה לכל נפש, שגם העני שבישראל יוכל ל
אותה לאט, לאט, ע"י אבצעים קלים ונוחים מאד.

הקהל העברי קבל את מפעלנו החדש הזה בששון, וב
הזמן הקצר מעת שהחלו הספרים לצאת הרבה העם לחתום ידו על הביבליו
ומיום ליום יתוספו קונים תמידים חדשים; אולם בה במדה שירבו עוד מספר הק
התמידים את הביבליותיקה, תחזקנה ידינו להוסיף לשכלל את מפעל
להגדילו ולהאדירו, ולכן הננו מבקשים את כל חובבי שפ
וספרותנו בכל אתר ואתר, כי יהיו לנו לעזר בדבר הגדול והטובה
לטובת הספרות וסופריה, וכל אחד באשר הוא שם יואיל להיות מעשה ל
הזה, לפרסם את מפעלנו בקהל ולרכוש לו נפשות חדשות מכל פנות העם.

עד הנה יצאו הספרים האלו:

א) י. זנגויל: **מחזות הגיטו** (תמונות וציורים): א] שטן מקטרג, ב] לאין מרפא, ג] מהללת השבת (עם תמונתו ותולדתו ערוכה בידי ר. בריינין).
תרגום ש. ל. גארדאן.

ב) חיי אנשי השם: **אריסטו** (חייו, ספריו ושיטתו הפילוסופית, עם תמונתו דמות תבניתו).
מאת י. ח. טביוב.

ג) חיי אנשי השם: **רבנו משה בן מימון (רמב"ם)** (ח
ספריו ופעולותיו הפילוסופיות והמדעי
עם תמונתו וחתימת ידו).
מאת ד. י

ד) **שירי פרוג** (עם תמונתו). ח
ראשון: ספר ראשון.
תרגום יעקב קפ

ה) **הנ"ל.** חלק ראשון: ספר שני
תרגום הנ"

ק. פלמריון.

השמים

אסטרונומיה פופולרית עם שלשים ותשעה ציורים.

תרגום

מיכל וועבער.

ספר ראשון.

הוצאת „תושיה".

ווארשא. תרנ"ט.

בדפוס מ. י. האלטער ושותפו, נאלעווקי 7.

ГАШОМАИМЪ

т. е. Небо.

Соч. К. Фламмаріона.

Перв. М. ВЕБЕРА.

Книга I.

Изданіе „ТУШІЯ“.

ВАРШАВА. 1898.

Типографія М. И. Гальтера и Комп., Налевки 7.

Дозволено Цензурою.
Варшава, 25 Августа 1898 г.

הקדמת המתרגם.

התוכן קמיל פְלַמַרְיון הצרפתי הוא תוכן גדול בדורנו, ועם גדל חכמתו וידיעתו הרחבה בתכונת צבא השמים עשה לו שם גדול בספרות המדעית בכתיבת ספרי חכמה ומדע בעד העם, או כאשר יאמר בלשון הספרות הלועזת ספרים פופולריים. החכם הגדול הזה מצטין בכשרון מיוחד לכתוב כל ענין מדעי בסגנון קל ונוח להבין, מבלי הלאות את המוח ביגיעה בעיון רב ומבלי צרך להעמיק חקר בחשבונות, וספריו נקראים ברצון ונעימות כספורים יפים המושכים את הלב. על כן חביבים הם ספרי פלמריון בעיני כל עם נאור והם מתרגמים ע"י סופרי כל העמים הנאורים ונקראים בחפץ לבב ובתשוקה עצומה ע"י המון הקוראים. וכמו הקוראים כן גם הסופרים ישבעו רצון, כי הראשונים מתענגים על הקריאה ורוכשים למו דעת ותבונה בלי יגיעת המוח, והסופרים גם הם רואים ברכה בעמלם, כי הספרים שהם מתרגמים יוצאים במהדורות רבות כי רבו הקופצים עליהם. הספר אשר אנכי נותן לפניכם, הקוראים העברים, בפעם הזאת תֻרגם להרבה לשונות ויזכה במשך שנות מספר למהדורות אחדות שיצאו תכופות זו אחר זו, וכל מהדורא יוצאת בסכום עקזמפלרים מחמשת עד עשרת אלפים.

אולם עם היות התוכן פלמריון סופר מצוין בכתיבת ספרים בעד העם ראוי לדעת, כי העם הצרפתי, אשר בעבורו יכתוב התוכן הגדול הזה את ספריו, הוא עם נאור, אשר הגביה לעלות במדרגות סלם ההשכלה ולו שכם אחד על שאר העמים

בחכמה ומדע, כי גם „עמי הארץ" שבהם מלאים ידיעות למודים כרמון. על כן לא יפלא בעינינו בראותנו לפעמים לא רחוקות בספרי פלמריון עניני מדע כתובים בקצור נמרץ, בראשי פרקים, והקורא אשר זרו לו איזה למודים כוללים לא יוכל הבין את דבריו בלי כל באור. כי אמנם יודע פלמריון נפש עמו הנאור ובטוח הוא במדרגת ההשכלה אשר להמון קוראי ספריו, כי יובנו דבריו בלי באור, כי כבר מבוארים הם ע"י הלמודים הכוללים אשר למד כל איש צרפתי בבית ספרו מנעוריו. ואולם הסופר בן עם אחר הבא להרגם את ספרי פלמריון בעד עם, אשר יכול למצא בקרב המון קוראי ספרו רבים אשר לא בקרו בבתי הספר הכוללים ולא רכשו למו ידיעת הלמודים הכוללים, הסופר ההוא אם חפץ הוא לצאת ידי חובת סופר לעמו, מחויב הוא לשים לב אל כל ענין מרעי הכתוב בקצרה בספרו של פלמריון ולדאג פן לא יבינוהו הקוראים מן התרגום הנאמן, ועליו להרחיב באור הענין ולהאריך במקום שקצר המחבר. את החובה הזאת שויתי לנגד עיני בתרגמי את הספר הזה, והיא מלאה את ידי לסור במקומות הרבה מן המסלה אשר סלל המחבר, וארשה לעצמי להרחיב את הענין ולהוסיף באור וגם לשית נוספות על הציורים והתמונות, למען היות הספר הזה בעד הקוראים מהמון עמנו גם הוא ספר־עם כספרו של המחבר בעד המון עמו. אולם בכ"ז לא שניתי מן המטבע אשר טבע המחבר לספרו ולא לקחתי לי עטרה להתגדל בה להתפאר לעיני הקוראים לאמר, כי כתבתי את ספרי בעקבות פלוני הסופר, ורק כמתרגם נאמן עבדתי עבודתי ולא הרשיתי לי לקצר או לדלג, והיה הספר הזה תרגום שלמה, ואך בשם מתרגם אקרא עליו.

מ. וועבער.

א.

השמים.

מושג מלת „השמים". מבוא לחכמת התכונה. סגנון הספר ומטרת המחבר.

מה הם השמים?

מבלי העמיק חקר, יכולים היינו לענות: השמים הם הכל.

אמנם כן, השמים הם הכל; הם יכילו את כל הנמצאים; השמים הם רחבי אין קץ המקיפים והכוללים את הכל; צבא הכוכבים, אשר כל אחד מהם הוא שמש כמו זאת המאירה לארץ ולדרים עליה, השמש אשר לנו עם צבא כוכבי הלכת: שבתאי, צדק, מאדים, כוכב, נגה, ירח, וגם הארץ בעצמה אשר אנחנו יושבים עליה, שהיא גם היא כוכב לכת בין שאר צבא השמש, — כל אלה יחד נכללים במושג השמים.

ובכן תהי לנו מלת „השמים" למושג כולל את כל הנבראים. והלמודים והידיעות על אדות השמים יהיו לנו למודים וידיעות על אדות המוחשים האמתים: הארץ, השמש, תקופות השנה, האקלימים, היום והלילה, הירחים והשנים, ההוה, העבר והעתיד. אכן לפני חכמת התכונה אין עבר ועתיד בזמן: היא כוללת ומקיפת את העתיד עם העבר יחד, בידה ראשית ואחרית התבל; היא תורת עולמים, תורת אין קץ.

אנחנו לא נעמיק פה חקר על אדות רחבי אין קץ, ורחוק מלבנו הרעיון לכתוב בזה בפרוטרוט את קורות החזיונות הרבים

והעצומים, אשר בגללם היתה חכמת התכונה עוד לפני רבוא רבבות שנים החכמה הראשונה והרחבה, החכמה האמתית והמוחשת יותר מכל שאר החכמות והמדעים, ויחד עם זאת חכמה מרהבת לב ביתר שאת משאר החכמות, הנוסדה על המעשים הנראים והמוחשים. אם נאמר לכתוב כל קורות חכמת התכונה מראשיתה ועד עתה לא יספיקו לנו גם מאה ספרים כאלה. אנחנו הצבנו לנו בזה מטרה לא רחוקה: הננו חפצים לתת בינה לקוראים תאבי מדע על ארות החזיונות האלה בשפה קלה ונעימה למקרא מבלי כל ציוני מספרים וחשבונות, למען היות החכמה הזאת מובנת לכל איש. והספר יהיה קטן בכמותו והיה כעין ספור אהבים על ארות השמים וכל צבאם.

אכן בזאת יבדל ספור אהבים זה מכל שאר הספורים מספורי הבדים, כי הוא יהיה גם ספור מוסרי לישר את המדות ולרומם קרן הדעת. הוא יראה להקורא לדעת מה מרום ונשגב הוא שכל אנוש. בספור הזה לא נמצא כל ערות דבר אהבת בשרים, לא נפגוש בו חזיונות השחתת המוסר והמדות וכל דבר שקר וכזב, כל בגד ומעל, קנאה ונקם, מלחמת איש באחיו, שדה קטל וכל הני מילי מעליותא אשר יתנו לוית חן לספורי בדים למשוך את לב הקוראים, אבל נמצא פה מנוחה ושלות השקט, הרמוניא נעימה וסדר ומשמעת בחקות הטבע אשר שמו משטרם בכל. פה לא נמצא עמק עכור ולא נטבע בבוץ וחלאה כי אם להפך: נתעלה ונתרומם למעלה למשכיל; לא יופיעו לעינינו חזיונות מעציבים כי אם חזיונות נעימים, חזיונות מרהיבי עין ולב ונתענג על המאורות הגדולים אשר ישתרעו לפנינו ברחבי אין קץ, ובהם נמצא את האמת המוחשת, אשר אליה ישאף כל בן דעה.

מטרת חכמת התכונה ועמה יחד גם ספרנו זה היא לתת בלבנו בינה והשכל על ארות התבל ומלואה, ולהראותה לעינינו בכל יפיה והדרה, גדלה ותפארתה, תארה וצביונה באמת.

הספר הזה נכתב בסגנון קל מאד, למען אשר יבינו בו גם נערים יודעי השפה. הננו יוצאים הפעם בעקבי החוקרים והתוכנים הגדולים לַלַנד, פֿוֹנֶטֶל, ארַאָגו אשר כתבו ספריהם בעד נשים וילדים והם ספרים נכבדי ערך מאד. התוכן ללנד יאמר

בספרו: „אם נבוא לכתוב ספר תכונה רק בעד מפלגת אנשים מביני מדע, זאת אומרת אם נבוא לבקש לנו בקרב הקוראים מפלגה אחת אשר תבין את דברינו, יעלה לנו, כי ספרנו לא יהיה מובן כלל; על כן לא נבקש לנו מפלגת אנשי מדע, אבל נכתוב בעד הנשים".

במה נחל את תכונת השמים? נתחיל מן המקום אשר אנחנו יושבים בו — הארץ.

לדבר הזה יש לנו סבות צורקות: הארץ היא קרובה ללבנו יותר מכל שאר הכוכבים בשמים. היא מקום מושבנו וממנה אנחנו נשקפים ומביטים על כל התבל סביבותינו, ועל כן ממנה נתחיל את דברי הספר. ואולם בטרם נחל את דברינו אלה נדבר דברים אחדים על אדות חכמת התכונה בכלל ונתן בזה דין וחשבון על אדות גדל ערכה.

ב.

חכמת התכונה.

מושג מלת „תכונה". קורות חכמת התכונה ודברי ימיה. לפנים והיום. גדל מעלת החכמה הזאת וחובת למודה. האיצטגנינים בימי קדם. זכרון החכמה הזאת בכתבי הקדש. בתי הספר לתכונה. בתי המצפה לדורות הראשונים. התורה החדשה.

חכמת התכונה היא תורת התבל ומלואה.

התבל ומלואה הם כל הנמצאים: הארץ אשר אנחנו יושבים עליה, השמש, הירח, כוכבי הלכת, הכוכבים העומדים, כוכבי השבט, סוף דבר: כל הגופים הנמצאים בבריאה הרחבה נכללים במושג תבל ומלואה, והם המה הענינים אשר על אודותיהם תדבר חכמת התכונה.

בימי קדם, בעוד לא ידעו בני האדם את האמת המוחלטת,

ויתמכו דבריהם בחכמה זו על הדמיון המכזב, שגגת הרגשת החושים, חשבו, כי האדמה עומדת בלי נוע במרכז העולם, והיא היסוד והתכלית אשר בשבילה נבראו כל שאר הנבראים. הם הביטו על חכמת התכונה כמו על חכמה רמה ונשאה, המדברת על דברים רמים ונעלים נשגבים משכל אנוש, אשר יחפץ לדעת רק את המוחש והמורגש לחושיו באמת. אולם עתה, אחרי אשר נוכחנו לדעת, כי הארץ איננה עומדת בלי נוע במרכז העולם, ולהפך, היא גם היא אחד הכוכבים המתנועעים ברחבי השמים כמו הירח, והיא מקיפה במסלול סביב לשמש, והיא מרחפת ברחבי התבל ומלואה מבלי השען והתמך על דבר מה; עתה אחרי הוכחנו לדעת, כי כדור אדמתנו זאת אשר אנחנו עומדים עליו הוא השלישי בכוכבי הלכת המקיפים סביב לשמש, איש איש במסלולו במרחק ידוע מן השמש, וכי גם שאר כוכבי הלכת הם כדורי חשך בכדור ארצנו, וכי עולמנו זה איננו כי אם אחד הגופים הרבים המרחפים ברחבי התבל ומלואה, — עתה היתה חכמת התכונה לחכמה קרובה אלינו ביתר שאת, כי היא מדברת גם על אדות אדמתנו אנו ועל אדותינו בני האדם היושבים עליה.

אמנם כן, רק חכמת התכונה תוכל להגיד ולבאר לנו איפה אנחנו, על מה רגלינו עומדות ועל מה אנחנו הולכים; היא תבאר לנו איך יחזיק כדור ארצנו מעמד בהיותו תלוי על בלימה; מאתה תצא לנו תורה איך ומדוע תהיינה לנו ארבע תקופות בשנה, יום ולילה; היא תורנו לדעת את מקומנו הנכון בבריאה כלה; על ידה הכרנו לדעת את תבנית האדמה, ועליה נוסדו למודי ידיעות גלילות הארץ, אשר בעזרת הלמודים האלה חברו להן כל ארצות-תבל, והעמים השוכנים בהן יודעים איש את אחיו ומגדילים את חליפות עסקיהם ופרי עבודת כפיהם, ויאדירו את המדעים הכוללים. החכמה הזאת תלמדנו לדעת את השמים ואת הארץ; בלעדי החכמה והידיעה הזאת היינו בעורים, כבהמות שדה, כצמחי האדמה, אשר לא יאבו לטרוח (או יותר נכון להתענג) על החקר והמדע לדעת אל נכון מה המה בבריאה.

אכן האמת נתנה להאמר, כי עוד כיום הזה נמצא תשעים

ותשעה אנשים בקרב כל מאה איש בארצות הנאורות אשר חכמת התכונה זרה למו, והם מבלים את ימי חייהם כמו הצמחים מבלי העמיק חקר אף פעם אחת איפה הם נמצאים. הידיעה הנכונה, אשר לה להיות אבן הפנה וראשית כל המדעים, עודנה עזובה ומשולחת ורוב בני האדם עודם מזלזלים בה. תחת לתת לבני הנעורים לקח טוב בלמודים בתורת התבל ומלואה, למען הטות את שכלם מנוער אל דרך האמת המוחשת, נותנים להם לקח בקורות ענינים שאין במו תועלת ואך מבלבלים את השכל הישר בעודנו באבו, ומטמטמים את המוחות לבל יוכלו לראות נכוחה, בבוא הנער לתקופת השנים אשר בה הוא מתחיל להקור ולהתבונן בכל סביבותיו. כבר מאתנו לא רק להצדיק את מצב הענינים הזה כי אם גם לבא־ סבתו, מדוע היתה כזאת לבני הדורות האלה. כי כפי אשר נדע הן ללמד את הילדים מראשית חנוכם ידיעות ראשונות מתורת התבל הוא דבר נקל ונעים מאד. אולם דרוש בראשונה, כי האנשים אשר בידם נמסר חנוך הילדים ירכשו למו בתחלה ידיעה והכרה נכונה ביקרת הערך אשר לראשית למודי החכמה הזאת ובתועלת הרבה אשר בלמודים האלה להתפתחות שכל אנוש בכלל והרעיונות הטהורים בבני הנעורים בפרט. אז רק אז ימצאו המורים ענג ושעשועים בחנוכם הטוב אשר יתנו לחניכיהם בלמודי הידיעות המועלית האלה.

הנני אומר „ענג ושעשועים", ולא אפריז בזה אף מעט מזער על המדה הנכונה. כי הנה מה מתוק ונעים יותר לאב צעיר, לאם צעירה או למורה נאמן מהראות לבן נחמד בעודנו ילד רך בליל קיץ או גם בליל חרף בהיר בשחקים את הכוכבים הנוצצים ביתר שאת משאר המון הכוכבים וללמד אותו לדעת לקרא בשם את קבוץ הכוכבים והמזרות, למצא את כוכב הציר במקומו הקבוע וכדומה. מה נקל הוא על הילד הרך לשנן לו על פה שמות עשרים הכוכבים המתנוצצים באור נגהם שבם אחד על שאר כוכבי השמים ואת המזרות אשר להם, ללמוד לדעת את עגול המזלות ולהראות באצבע את הדרך אשר התוה השמש במהלכה בתקופת שנה תמימה בגלל סבוב הארץ מסביב לה. ומה נקל יותר מהורות לנערים את הכוכבים בהופיעם

במזרח ולהעירם לדעת, כי ככה הם עולים כלם לאט לאט אל מרומי השמים; ואחרי בואם אל הנקודה הגבוהה, היא מקום קו הנגב או קו הצהרים לכל מדינה, הם שבים לרדת לצד מערב והם הולכים הלוך וירדת עד שובם להתכסות מעינינו, ויחד עם זה לשנן להם, כי סבת החזיון היא אשר אדמתנו אנחנו תסוב על צירה ממערב למזרח. מה גדל מן הענג והשעשועים להורות לבן צעיר להכיר בעגול המזלות את כוכבי הלכת, להביט בקנה צופים ולראות את הירחים המלוים את הכוכב צדק, את הטבעות והעגולים מסביב לשבתאי, את הכוכב נוגה במלואו ובחסרונו לעתים ידועות? האם ימעט הענג אשר נמצא בהקדישנו שעה קלה להביט בקנה צופים על קצה הירח בהחלת תקופת המולד אשר לו, וראינו את ההרים והעמקים אשר ישתרעו על פני הכוכב הזה ואשר קרני השמש יבדילו אותם לעינינו מן המישור הרחב אשר שם סביבותיהם? אם יתענג האדם למראה יפה נוף פה על פני האדמה בעת שפעת חמדת תפארתו ושלל צבעיו מקרני השמש המגיעות לו ביום בהיר בשחקים, הנה שבעתים ככה נתענג על מראה קצה הירח בתחלת המולד, אשר אז נוכל להתבונן אל כל פני הגליל המשתרע שם לעינינו ביפעת חמדתו. פה נראה הר גבוה ותלול, אשר ראשו מוזהב בזהב פרוים מקרני השמש שהופיע בהדרו, ושם עמק מכוסה עוד בצל חשכת ליל ואך מקצהו האחד הגיעו אליו קוי אור והקוים שבים מעט לאחור ומאירים באור כהה גם את עברו השני אשר ממולו. פה נראה מישור רחב נחמד למראה ושם פי הר געש לפנים, אשר עד היום הזה נשארו עקבות החלל והחור הגדול והעמוק בתוכו, ושפתו האחת פגומה ותבניתה כתבנית צור אשר מקצתו נעתקה ממנו ותפול ותשמט ממקומה. ובהביטנו ככה על המראה הזה יתעורר בלבנו רעיון על ארות תבנית פני כדור־ארצנו גם הוא כאשר נוכל להביט אליו מרחוק, כמו למשל ממקום עמדתנו על הירח וכדומה, וראינו את אור קרני השמש החוזרות מאתה גם היא.

על ההורים והמורים נטל להשתמש בכל מקרה לקוי חמה או לקוי לבנה, לבאר בעזרתו לבני הנעורים את סבוב הירח ותקופתו במעגלו מסביב לכדור הארץ ואת סבוב הארץ במעגלה

מסביב לשמש יחד עם הירח המלוה אותה (את הארץ) בדרכה זה, ולהורות דעה ולתת בינה בלב הנער לדעת את תכונת הצל אשר ישליך כל כדור כזה אחריו מעברו השני המפנה מצד השמש וחוצה, וכי הצל הזה הוא המחשיך את הכוכב הנלקה, כמו למשל הירח נחשך מצל האדמה בעת אשר כדור אדמתנו בא בנקודת התוך בין השמש והירח, והשמש נלקה, זאת אומרת כדור אדמתנו נחשך מצל הירח בעת אשר הוא בא בנקודת התוך בין השמש ובין הארץ והעיב בעדנו את מאור השמש. ככה נראה אשר כל איש החפץ במדע והשכל ימצא ענג ושעשועים בכל ענין מדעי, ומה גם הילד הרך אשר רגשותיו עודם רעננים וקולטים הם כל מוחש והוא עושה רושם חזק במוחו.

תורת תנועת כדור הארץ, נטית קוטרו הצדה ממסלולו סביב השמש, סבת ארבע התקופות השנה, שנויי ארך הימים והלילות, התרחקות השמש והתקרבותה אל כדור ארצנו — כל אלה יבוארו להקורא והלומד בעזרת תבנית כדור הארץ הנודעת בשם „גלובוס", והיא ערוכה ומוצגת בנטיה דומה לנטית כדור הארץ. סגולה טובה לבאור הלמודים האלה בעזרת כדור כזה, כי הוא מוציא את הלומד מידי שגגת הרגשת החושים והדמיון הכוזב המוליך את בעליו שולל, ואשר ישגה את בני האדם לחשוב, כי הארץ עומדת בלי נוע מתחת להעולם כלו; הכדור הזה יוכיח את הלומד לדעת, כי הארץ הוא כדור נבדל ונפרד בפני עצמו והוא סובב על צירו והולך במעגלו מסביב להשמש, ובאופן הזה הוא מקבל שפע אור מדי פעם בפעם מעברו האחד, והיו לו יום ולילה, ובמשך תקופתו במעגלו תהיינה לו ארבע תקופות השנה. מראה תמונה מצגת לעיני המתחנך את תבנית החזיון כמו שהוא, יוסיף דעת וישנן בלבו את הלמוד הרבה יותר מאשר יתנו לו השעורים הארוכים אשר ישנן לו המורה משך שעות הרבה. ובין הפרקים אשר יתנו המורים לחניכיהם למקרא בקול רם יכולים הם לבחור במאמרים המדברים על אדות התבל ומלואה, על אדות יפעת השמים, על אדות סדרי הבריאה, מעשי בראשית, בריאת העולמים וכדומה. מקרא הפרקים ההם

יהיה לתועלת להרים את הנפש ולפתח את השכל.

חכמת התכונה היא ראשית כל החכמות והמדעים. היא הראשונה במעלה ביקרת ערכה, ולמודיה צריכים להיות יסודות כל מדע וחכמה; — היא הראשונה בגלל גדל מעלת הענינים אשר על אדותיהם היא מדברת, כי היא מכילה את העולם כלו, את התבל ומלואה; — היא ראשונה בזמן, כי נבראה יחד עם בריאת האדם בתבל.

בני האדם החלו להתבונן אל צבא השמים עוד בטרם נודעה להם מלאכת הכתיבה, ובעוד לא היתה למו ספרות ודברי הימים; בני האדם בימי קדם השתדלו למצא בכוכבי השמים סבת כל מקרה וחזיון בתבל ארצה, ויקבעו למו בעזרהם ימים ושנים וימצאו בהם אותות למועדים ותקופות; הם התבוננו בכוכבים וימצאו בהם את כוכבי הלכת ויתנו למו כבוד אלים וישתחוו להם ויעבדום, בחשבם אותם למושלי התבל, ובאופן הזה ירו אבן פנה לדת ואמונה, אשר השתכללה אח"כ והשתלם עפ"י תורת אלהים חיים; הם יסדו את חכמת התכונה בחבור עם דת אלים ותהי למו ההתבוננות בכוכבי השמים לתועלת להורותם דרך בעברם במדבר; כאשר חפצו להשאיר לדורות עולם זכר מעשים וקורות נכבדים בחייהם התוו אותם על תמונות צבא השמים כמו על לוחות אבן, ויהיו להם השמים כספר זכרונות מדור דור.

מוצא חכמת התכונה וערש מולדתה הוא: ארץ הקדם, ומשם פשטה לארץ הכתים, הכשדים, הכנענים, המצרים, היונים, הרומים ואל כל שאר עמי התבל. התוכנים הראשונים היו הרועים בהרי ההימלייקים אשר רעו צאנם במרכז אזיא, במקום אשר בכל לילה ישהרעו על ראשינו שמים טהורים וצחים המרנינים לב כל איש כרועה, כמשורר וכחוקר הטבע גם יחד.

אמנם ידי חוקרי קדמוניות קצרות מהגיע לראשית הוסד חכמת התכונה אל נכון, ואולם זאת נדע כי שנותיה נמנות במספר עשרות אלף. שרידי קדמוניות מאת הוברי שמים אשר זכרם נשאר עד כה בספרי הדת של ההודים הקדמונים הַוֵדים, על לוחות הכשדים ועל מצבות המצרים, יכולים הם למנות

15—20 אלפי שנים. בימים הקדמונים לא כתבו דברי הימים, ואולם כאשר חפצו להשאיר לדורות זכר מקרים נכברים מסרו להם את הדברים בשירי העם. אחד משרידי זכרונות הקדם מחכמת התכונה, אשר נשאר בידינו בצביונו הראשון עד היום הזה, הוא, כי שבעת ימי השבוע נקראים בשמות שבעת כוכבי הלכת אשר נודעו לבני הארם הקדמונים. היום הראשון בשבוע יקרא לרוב העמים בשם יום השמש, השני — יום הירח, השלישי — יום מאדים, הרביעי — יום כוכב, החמישי — יום צדק, הששי — יום נוגה והשביעי — יום שבתאי. את הדבר הזה מצאו אצל הכשדים עוד לפני חמשת אלפי שנה. בחרבות העיר נינוה נמצאו זה לא כביר שרידי ארמון־סרדנפל ובו נמצאו לוחות ועליהם כתובות בשפת אַכַּד, ששררה לפני שפת הכשדים, ובכתובות האלה נקראו ימי השבוע בשמות כאלה וגם נמצאו שם זכרונות אחרים מחזיונות בכוכבי השמים.

בימים הקדמונים ההם כבר היו לבני האדם בתי מצפה הכוכבים והוברי שמים, בתי ספר ללמוד חכמת התכונה ובתי עקר למקרא ספרים כמו בימינו. כחזיון הזה נראה אז אצל הכתים (חינא). מחוקק הדת פֿו־חי יסר להם למודי חכמת התכונה על יסודות רחבים בשנת 2850 לפני ספה"נ, והמלך חואַנג־טי יסד בית מצפה הכוכבים בשנת 2608 לפני ספה"נ. המלך הזה עשה סדרים בקביעת לוחות השנה, וגם מצא את כוכב הציר; גם נשאר לנו זכרון לקוי חמה משנת 2169 לפני ספה"נ, אשר בגללו הומת הממונה על בית מצפה הכוכבים בחינא אשר לא הודיע מראש את דבר הלקוי. הדבר הזה ילמדנו לדעת עד כמה היו בתי מצפה הכוכבים ערוכים ומסודרים בעת ההיא והחכמה היתה נודעת להם, כי יכלו לדעת מראש זמן לקוי חמה. למען דעת דבר זה היו בני האדם הקדמונים, אשר עוד לא ידעו את חקות השמים אל נכון, מאספים ידיעות מן הבחינות והתבוננות במהלך הכוכבים כמה מאות בשנים, ובכן נמצא כי שרה חכמת התכונה נעבד זה זמן רב לא פחות מחמשת אלפי שנה.

כוכב הציר הצפוני בימי קדם, אשר כעת הוא נודע בשם אלפֿא במזל הנחש (דרקון), נתן ענין למצרים הקדמונים בבנותם

את המגדלים פארי־העמודים הגדולים, ובא האות על זה, כי בששה מהם נמצאים יציעים וחלונות מפנים אל מול צפון והם מכונים ממול הכוכב ההוא לעת הראותו על קו הנגב או קו הצהרים. הגדול בפארי־העמודים ההם נבנה לפני ארבעת אלפי שנה בשנת 2113 לפני ספה"נ. שטת מהלך השמש בגלגל שנים עשר המזלות, הנודעים בשמותם עד היום הזה, נוסדה כפי הנראה בתקופה קדמוניה מאד, בעת אשר זמן שווי היום והלילה בתחלת האביב חל להיות בעת אשר השמש נמצאה מקצה מזל שור: יען כי כן נשמע בשירי האצטגנינים הקדמונים אשר „השור בקרני הזהב אשר לו יפתח לנו שערי השנה", ועל ארות מזל האומים אין כל זכר ביחס מהלך השמש בתוכו, אות הוא כי השמש נמצאה אז במזל שור בירח האביב, ודבר זה, כפי העולה בחשבון התוכנים, היה בתקופת שנות ארבעת אלפים או ארבעת אלפים וחמש מאות שנה לפני ספה"נ.

הרבה שנים אח"כ היתה תכונת השמים או יותר נכון האצטגנינות למקור הדת אצל הכנענים הקדמונים. האליל הֶרקולֶס הצורי היה סמל השמש. אליל הירח היה חבר לאליל השמש, וכל יום מולד הלבנה הוחג אצלם בהדרת קדש. כן גם נתנו כבוד אל לנוגה, כוכב, מאדים, צדק ושבתאי. קבוץ הכוכבים הנודע בשם „הדוב הקטן" היה למורה דרך ומאיר נתיב לעוברי ארחות ימים אצל הכנענים, הם קראו אותו בשם צינוזורה (זנב הכלב). „הדוב הגדול" היה למורה דרך להיונים אשר קראוהו בשם הֶלִים. העברים הקדמונים קראו למזל הדוב הגדול בשם עש, את שבעת הכוכבים היפים בקבוצה התיכונה במזל שור, הנקראים בשם פלֶיָדִים, קראו העברים בשם כימה, אשר כונתו היא תשוקה וחפץ כי לפני 3500 שנה בשרו הכוכבים האלה את קרבת בא האביב, את המזל אוריון — כסיל, דרקון — נחש, ואת המזלות של מהלך החמה — מזרות. היהודים קבלו את יסודות התכונה מאת המצרים. המצרים חשבו למיסד התכונה אצלם את החוקר הֶרְמֶס אשר חי בערך שלשת אלפים וארבע מאות שנה לפני ספה"נ. בערך אלפים ושמונה מאות שנה לפני ספה"נ נתקן לוח השנים אצלם בהוספת חמשה

ימים על המספר שלש מאות וששים, ואך אחרי כמה מאות שנים נוכחו לדעת מהתבוננות יתרה בכוכב זיריוס, הכוכב הגדול והמאיר ביתר שאת בקרב הכוכבים העומדים, כי שנה התמימה היא שס"ה ימים ורביע.

חזיונות התוכנים הקדמונים נכתבו על לוחות חמר אשר העבירום באש אח"כ להיותם מוצקים למען יעמדו ימים רבים. לוחות כאלה נמצאים בקרב שרידי קדמוניות עד היום הזה. אולם המלחמות ומסעי העמים היו פעמים רבות לצורי מכשול ואבני נגף על דרך התפתחות החכמה הזאת, ולא אחת ושתים עשו כלה באוצרות המדעים אשר נאספו לאט לאט בידי חכמי דורות רבים, וישחיתו בלי חמלה הרבה שרידים יקרים ובתי עקד ספרים. בעת אשר כתב פטלמיוס את ספרו על אדות תכונת השמים קרוב לספה"נ חפש אחרי שרידי קדמוניות התכונה ולא מצא רק את החזיונות אשר כתבו הכשדים מיום 26 פעברואר לשנת 747 לפני ספה"נ. היונים הקדמונים יסדו למו את בית הספר הראשון ללמודי חכמת התכונה בשנת 640 לפני ספה"נ. בביה"ס ההוא כבר למדו לדעת חלוקת הארץ לחמשת האקלימים. טהַלֶס, מיסד ביה"ס הזה, הגיד מראש את לקוי החמה ליום 30 סעפטעמבר שנת 610 לפני ספה"נ, והלקוי הזה, לפי אשר יספר הירודוט, התראה בעצם השעה אשר נלחמו צבאות מדי ופרס על שדה קטל, ותפול חרדה גדולה על שני המחנות ויחדלו מהלחם. התוכן פיתגורוס היה כפי הנראה מבית מדרשו של טהַלֶס.

בית הספר האלכסנדרוני העשיר את חכמת התכונה בחזיונות הרבה מימי אריסטו וטימוחוריסט בשנת 295 לפני ספה"נ עד ימי היפרך, אשר כתב מפת הכוכבים בשנת 130 לספה"נ. מפת הכוכבים זאת נשארה לנו עד כה ותהי ליסוד מוסד לחשבונות התוכנים.

המלחמות וחשכת הבערות אשר פרשו ממשלתן על ארצות רבות בימי הבינים הפריעו בעד התפתחות התכונה אצל העמים הנוצרים, ואף בארצות מושב הערבים, בבגדד ובקאירא, הוסיפה חכמת התכונה לעשות חיל מימי הכליף אל־רשיד (800) עד

ימי אולו־ביי (1400 לספה"נ)..

אך באמצע המאה השש עשרה לספה״נ, בשנת 1543 כתב התוכן קופערניקוס לפני מותו את ספרו הנעלה, תורת התבונה החדשה, אשר תלמד אותנו לדעת, כי הארץ גם היא ככל גרמי השמים מרחפת ברחבי הרקיע. למן העת ההיא, זה יותר משלש מאות שנה, ועבודת גדולי חכמי הטבע כמו גליליי, קֶפְּלֶר, ניוטון, ועוד, אשר הקדישו עמלם לבקש את האמת, הביאה הרבה אותות ומופתים נאמנים לאַמת את השטה החדשה, ועד היום הזה עוד נוספים על המופתים האלה מופתים חדשים לבקרים, עד כי הכירו וידעו כל יושבי תבל את האמת המוחשת כיום הזה.

הנה כן הגיעה אלינו במשך אלפי שנים החכמה הראשונה בכל חכמות בני האדם אחרי התפתחה והשתלמה מדי פעם בפעם. היא בנתה לאט לאט יסוד למצבת כבוד לתפארת האדם, מצבת עולמים אשר לא תמוט לנצח, ואשר מעל ראשה הננו מביטים כעת על התבל ומלואה ונבין לדעת מדת המרחב, נתבונן אל תנועת העולמים המרחפים במרחבי אין קץ ונתפלא על חקות הטבע, אשר שמו משטרם בכל הכחות ושומרים אותם בקרב הגופים לעולמי עולמים.

ג.

כדור ארצנו.

ארצנו היא כוכב. תבנית האדמה. על מה נשענת הארץ. מושג מעלה ומטה. הכח המושך. מדידת היקף כדור אדמתנו. צירי הכדור, קוטרו והקו המשוה. משקל האדמה. ההרים והעמקים. מצב האדמה בין כוכבי השמים. תנועת הארץ על קוטרה וסביב השמש. שגגת החושים ובירור האמת. חללו של עולם, מרחביה.

כבר מלתנו אמורה בראשית ספרנו, כי הארץ אשר אנחנו שוכנים עליה היא גם היא כוכב שמים. אכן שאל ישאל הקורא בתמהון: היתכן? האם לא בשפל מתחת אנחנו נמצאים? האם לא יהיו השמים ממעל לנו? האם לא תעמוד ארמתנו ככדור גדול בלי נוע והשמים מתנועעים כגלגל סביבה?

הבה נראה.

עתה אחרי אשר הצליח בידי בני האדם להכיר לדעת, כי ארצנו היא עגולה ככדור, כי נסעו מסביב לה ויוכחו לדעת כי כן הוא, אין אנו צריכים עוד להרבות בזה אמרים להוכיח את הדבר הזה, כי כבר סר הספק מלב כל אדם והכל יודעים, כי תבנית כדור לארצנו.

כדור ארצנו איננו תמוך על דבר מה והוא תלוי על בלימה. הנוסעים אשר הקיפו וסבבו את כל כדור הארץ לכל פנותיו לא פגשו בכל מקום בים או ביבשה כל תומך ומשען לאדמתנו. בעת לקוי הירח, באשר תשליך אדמתנו את צלה על פני הירח, רואים אנו תבניתה העגולה בעגול הכדור. כל שאר גרמי השמים — השמש, הירח, כוכבי הלכת, הכוכבים העומדים, כלם הם עגולים בתבנית כדורים. וגם אמנם היתכן לחשוב כי האדמה נתמכת על דבר מה, הלא שאל נשאל: ועמודי התמיכה, אשר

הארמה נשענת עליהם, על מה הם נתמכים? אכן נמצאו בני אדם בימים מקדם אשר הרו והגו מלבם עמודי ארץ אשר עליהם נשענת הארמה, והעמודים ההם נתמכים על פילים גדולים, והפילים עומדים על...

כל השגיאה נולדה במוח בני האדמה לרגלי ההשגה המשובשת על אדות הכובד. אנחנו יודעים כעת, כי בכל מקום על פני כדור אדמתנו רגלינו הם מתחת וראשנו נטוי למעלה; והיה לנו אפוא מרכז האדמה למקום התחת.

ובכן לא יתכן לנו כעת לשאל על מה הארץ נתמכת, אחרי דעתנו כי כל הגופים הנמצאים על פני האדמה נמשכים בכבד משאם אל מרכזה. השאלה היתה: מדוע לא תפול האדמה התחיה אל חלל רחבי אין קץ? ואולם היא איננה צודקת כלל ואין לה מקום במוחנו, אחרי אשר חק הכובד לפי מושגנו.יאמר, כי על כל דבר לנפול למטה, ואנחנו הן יודעים אנו, כי המקום הנקרא מטה או תחת הוא בתוך כדור אדמתנו פנימה—המרכז אשר בו, וכל אשר מסביב — מחוץ לכדור מעל ראשינו, הוא למעלה, והיתה אפוא השאלה למה לא תפול האדמה למעלה, להפך ממושגנו בהבנת מלת כובד משא. עלינו להאר לנו את ארצנו בדמות כדור תלוי על בלימה, כמו שנראה כדור של קצף מי בורית תלוי באויר. ועוד יתר שאת להתבודדות כדור אדמתנו בפני עצמו מהתבודדות כדור קצף מי הבורית התלוי באויר, כי כדור מי הבורית נתמך על שדרות האויר הכבדות ממנו, ואולם כדור הארץ איננו נתמך על כל נוזל או שדרות אויר, והוא בודד לעצמו ונבדל מכל משען ותומך.

ישנם בני אדם אשר כבר מהם להוָכח לרעת, כי הארץ יכולה לתלות על בלימה בלי כל משען ותומך כמו כדור קצף מי הבורית, וסבת קשי הבנתם את הדבר הזה היא שגגת מושגם על ארות כבד המשא, כאשר אמרנו. בקורות חכמת התכונה מימי קדם אני רואים איך גדלה סערת לב האנשים הראשונים אשר נוכחו לדעת, כי הארמה היא עגולה ככדור ואיננה מחוברת אל כל דבר, ולא יכלו להרגיע את רוחם מכבד ההשגה: איך יחזיק כדור גדול ומשא כבד כזה מעמד בחללו של עולם מבלי נפול,

הכשדים הקדמונים תארו למו את כדור הארץ בעין כדור נבוב ודומה לסירת־דוגה שיכולה לשחות על פני המים. הארץ על ימים נוסדה ועל נהרות כוננה. יש אשר החליטו, כי הארץ נתמכת על מצוקים חזקים התומכים בה בשני ציריה. אחרים חשבו כי היא משתרעת תחת רגלינו ואין קץ לרחבה. אבן כל המושגים האלה עלו לבני האדם בימי קדם לרגלי שגגתם במושג הכֹּבֶד. למען הוציא מלבנו את שגיאת בני האדם הקדמונים די לנו להוכח לדעת, כי הכֹּבֶד הוא אך חזיון המשך הגוף האחד אל המרכז אשר לגוף השני הגדול ממנו. המושגים מעלה ומטה הם רק יחס בין שני גופים, אשר האחד הגדול מאחיו מבריח את משנהו הקטן ממנו לנפול עליו, והיה הצד אשר אליו ימשך הגוף הקטן ל מ ט ה, והצד אשר ממולו, אשר משם הוא נמשך ומתרחק — ל מ ע ל ה. אולם בלי חזיון המשך הגופים זה אל זה אין כל מעלה ומטה כלל בטבע.

נתאר נא לפנינו את כדור אדמתנו התלוי על בלימה. מדת ק ט ר ו, הוא הקו התיכון אשר יעבור בתוך הכדור דרך מרכזו מן הקצה אל הקצה, 12742 קילומֶיטר (אלף מֶיטר). קומת אדם במדה בינונית היא 165 סֶנטימֶטר, והיתה קומת האדם לעמת גדל כדור האדמה כקומת נמלה קטנה לעמת הר גדול. נשוה נא לנגד עינינו, כי אנחנו הולכים על פני אדמתנו אל כל סביבותיה כמו שתלך לה הנמלה מסביב לכדור גדול. את הכדור נוכל לדמות למַגנט אשר ימשוך אליו את כל הגופים מסביב, והמשיכה הזאת תחזיק אותנו על פניו. —

בכל אחד המקומות אשר אנחנו עומדים או הולכים על פני כדור אדמתנו אנחנו קוראים את המישור מתחת רגלינו בשם „מטה" ואת הרקיע על ראשינו בשם „מעלה". יכולים אנו להאר לנו בדמיוננו, כי פעם עומדות רגלינו מעבר לכדור אדמתנו מזה ופעם אחרת אנחנו עומדים על פני הכדור מעברו השני אשר ממולו, או כי איש אחד עומד על הכדור מזה וחברו עומד ממולו על העבר השני, ולכל אחד מהם יהיה המישור מתחתיו למטה והרקיע על ראשו למעלה; ולא רק משני עברי הכדור בלבד כי אם מכל

עבריו ממזרח, ממערב, מצפון ומנגב, ממעלה ומתחת כמו שנראה בתמונה הזאת.



ציור א.

כמראה אשר אנו רואים בתמונה הזאת כן הוא באמת ביחס שבתנו על הכדור אשר אנחנו קוראים לו אדמה. ואולם בזאת תבדל התמונה הזאת ממראה כדור ארצנו עם בני האדם היושבים עליה, כי בתמונה זו מתוארה תבנית קומת האדם ביחס גודל הכדור במדה נפרזה מאד, כי לוא חפצנו לתאר את קומת האדם לפי היחס הנכון לה אל הכדור הזה לעמת ערכו אל גדל כדור הארץ, כי עתה היינו צריכים לתאר פה את האדם על פני הכדור בדמות נקודה קטנה מאד אשר לא תורגש להעין. ורק למען הגדל את הביאור בענין המדובר היינו מוכרחים לתת תמונה לקומת האדם, אף שהיא מפריזה על המדה.

הננו רואים בתמונה הזאת, כי המקום אשר נקרא בשם מטה הוא בבטן האדמה פנימה, במרכז הכדור, והמקום אשר אנו קוראים בשם מעלה הוא מכל עברי הכדור מסביב, ולא זו בלבד, כי גם לכל אדם על פני האדמה יהיה חצי רקיע השמים פעם מלמעלה על ראשו ופעם למטה ממול רגליו, כי הנה האדמה סובבת ומתנועעה על קוטרה בכל יום ויום, והיה אפוא הרקיע הפרוש על ראשינו למשל בבקר יהיה לנו לעת הצהרים בגבול האופק לצד מערב, כי הארץ מתנועעה בסבובה לצד מזרח, ולעת הערב יהיה מתחת האופק מעבר לכדור ממול רגלינו.

בני האדם מדדו את היקף כל כדור ארצנו בדיוק וימצאו את מדתו ויחלקו אותה לארבעים מיליון חלקים שוים וכל חלק כזה קראו בשם מיטר, הוא המיטר אשר היה לקנה המדה

בארצות שונות וביחוד בארץ צרפת משנת 1795 ועד היום הזה. אמנם למן העת ההיא כבר הצליח ביד חכמי התכונה להוכיח, כי על מדת המיטר בדיוק מצומצם צריכים להוסיף עוד $1/5$ מילימיטר או אחד אחוז מחמשת אלפים במיטר, למען היות מדת היקף כדור הארץ נערכה במספר ארבעים מיליון מיטר.

הנה מלהנו אמורה למעלה, כי האדמה סובבת ומתנועעה על קוטרה, גם הזכרנו את שם קוטר באמרנו [א] כי מדת קוטר הכדור היא 12742 קילומיטר, ואנחנו צריכים אפוא לבאר באר היטב מה זה קוטר, ומטרת באור זה היא, כי יבין הקורא לדעת מה זה הוא הציר אשר נזכיר בהמשך דברינו.

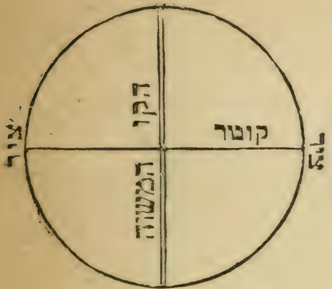
בהזכירנו את מלת קוטר בפעם הראשונה באמרנו, כי מדת קוטר האדמה היא 12742 קילומיטר כונתנו היא: כל קו ישר הנמשך מקצה הכדור ועובר בתוכו פנימה דרך מרכזו ויוצא אל קצה הכדור מעברו השני, ואחת היא לנו אם יהיה הקו הזה נמשך בתוך הכדור ממזרח למערב או מצפון לדרום או גם באלכסון וגם ממעלה למטה, כי מדה אחת לכל הקוים האלה [ב]. ואולם באמרנו, כי האדמה סובבת ומתנועעה סביב לקוטרה כונתנו היא רק לקו אחד יחיד ומיוחד בכל הקוים הנזכרים למעלה, והוא הקו הנמשך מנקודה אחת בקצה הכדור מצפון ועובר דרך המרכז באדמה ויוצא אל נקודה אחת ידועה בקצה הכדור מדרום. שתי הנקודות האלה או שתי קצות הכדור נקראות בשם צירי הכדור, זאת אומרת כי שתי הנקודות ההן דומות כצירי האופן העומדים במקום אחד מבלי העתק משם ועליהם יסוב הכדור כגלגל סביב. למען תבין, הקורא, את הדבר הזה קח לך כדור ותמכהו בשתי אצבעות משתי קצותיו והניעות אותו כי יסוב סביבו כגלגל. אז תראה ונוכחת כי לא יתכן לבלתי היות בו שתי נקודות עומדות תמיד במקום אחד; ויכולים אנחנו גם להאר לנו במחשבה כעין קו נמשך מנקודה אחת אל רעותה דרך הכדור פנימה, וגם הקו הזה יעמוד

א) למעלה צד 19.

ב) להלן יודע להקורא, כי אמנם יש הבדל מה בין מדת הקו הנמשך מצפון לדרום ובין מדת הקו הנמשך ממזרח למערב, ואולם לע״ע אין צרך לנו בהבדל זה.

בלי נוע, ומסביב לו יסוב הכדור ויתנועע כגלגל על צירו. כחזיון הזה יהיה לנו גם בכדור אדמתנו, והיה לנו הקו ההוא לקוטר ושתי קצותיו מזה ומזה לשני צירים, האחד יקרא בשם הציר הצפוני והשני בשם הציר הדרומי.

עתה נתאר נא לפנינו כדור כזה בציור ב׳ ונמשוך לנו קו אשר יקיף את כל הכדור סביב בתוך, במרחק חצי מדת הכדור מן הציר הצפוני אל הציר הדרומי, והיה לנו הקו המקיף הזה כעין קו מחלק את הכדור לשני חצאים שוים זה לזה, אשר האחד מהם פונה צפונה והשני דרומה, וקראנו את הקו בשם הקו המשוה, ואותו תראו בציור אשר לפנינו.



ציור ב.

ושננת לך הקורא ושמת את לבך לדעת את שלשת הדברים אשר למדת פה להכיר בכדור אדמתנו, הלא המה: שני הצירים, הקוטר והקו המשוה, ועוד חזון למועד לבאר לך מדוע נקרא קו זה בשם משוה.

התוכנים אשר מדדו את האדמה וימצאו קצב ומדה לגדלה, לארכה ולרחבה, שמו אל לבם לדעת גם משקלה, וגם דבר זה הצליח בידם על נקלה. הם מצאו, כי חומר האדמה כבד במשקלו מן המים בערך חמש פעמים וחצי, ואחרי דעתם מדת האדמה בדיוק מצאו חשבון לכבד משקלה והוא חמשת אלפים שמונה מאות ושבעים וחמשה סֶקטיליון קילוגרַם (אלף גרַם).

5,875,000,000,000,000,000,000.

הגרַם הוא משקל כובד צֶנטימיטר מעוקב של מים טהורים במדרגת חום 4 מעלות צֶלזיוס.

וגם זאת לך, הקורא, לדעת, כי כדור האדמה הוא תמונת עגולה מבלי השתנות אף שנוי קל בגלל ההרים הרמים הבולטים

ממנו או בגלל העמקים הרחבים והגדולים, כי כל אלה כאין ואפס נחשבים לעמת גודל מדתה; כי גם ההר הגבוה מכל הררי האדמה לא יעלה במדתו לאחד אחוז ממיליון במדת קוטר הארץ, וכן גם העמקים הגדולים, — אשר על כן נחשב לנו כל הר גדול על פני האדמה כגרגר קטן של אבק דק על כדור המגדל, וכל עמק גדול יחשב לנו כמו חריץ דק שנעשה בכדור המגדל בחודו של מחט.

אכן עוד חשוב יחשוב הקורא בלבו, כי אחרי כל הדברים שנאמרו עד הנה רב ההבדל בין כדור אדמתנו אנו ובין הכוכבים בשמים. כי הנה הארץ היא למטה והכוכבים למעלה (האמנם כן הוא תמיד?); האדמה איננה מאירה והכוכבים מאירים; הארץ היא גדולה והכוכבים הם קטנים; הארץ היא כבדה במשקלה והכוכבים נראים לנו קלים ועוד ועוד. אולם מספר המאמרים הן השגיאות. האדמה איננה למטה כמו שכבר הוכחנו לדעת בפרק הזה. בתבל ומלואה אין מעלה ומטה כלל; האדמה היא נושבת מכל עבריה ובעיני כל אחד מיושביה יהיה מרכז האדמה למטה והחלל המקיף את הכדור מסביב הוא הנקרא מעלה; נוסף על זה הנה האדמה סובבת על צירה והיה הרקיע הפרוש על ראשינו עתה יהיה מתחת לרגלינו אחרי עבור שתים עשרה שעה.

אנחנו מהנועעים יחד עם אדמתנו, ורגלינו עומדות תמיד על פני האדמה, יען כי היא מחזיקה אותנו במשכה אותנו אליה כאשר ימשוך המגנט את הברזל לדבקה בו. האדמה נראה לעינינו כגדולה ורחבה, כדור חשך וכבד במשקלו בעת שהכוכבים נראים לעינינו כנוצצים, קטנים וקלים; ואולם דבר זה הוא רק למראה עינינו בלבד, ובאמת גם אדמתנו מאירה מרחוק ככוכב נוצץ, וגם היא תפיץ למרחקים את קרני אור השמש אשר הגיעו אליה. לוא יכלנו לעלות אל הירח ולהביט משם על האדמה, כי עתה ראינו אותה ככוכב מאיר הגדול פי ארבעה עשר מגודל הירח, ואורה חזק פי ארבעה עשר מאור הירח. לוא יכלנו לעלות אל הכוכב מאדים, כי עתה ראה ראינו את האדמה בתור כוכב מאיר המופיע על פני רקיע השמים בערב ובקר כמו שיאיר לנו הכוכב נוגה. ואם מעל פני הכוכב נוגה או כוכב נביט על

האדמה, אז נראה אורה בכל חצי הלילה כמו שאנחנו יושבי הארץ רואים את אור הכוכבים שבתאי וצדק. לוא יכלנו להביט על האדמה מן המרחקים האלה, כי עתה ראינו את תבנית מאורה פעם במלואו ופעם בחסרונו, כמו שאנו רואים את פני הירח בתקופתו פעם בחסרונו ופעם במלואו, וכן גם הכוכבים נוגה, מאדים וכו׳. וגם זאת לנו לדעת, כי הכוכבים ההם, כוכבי הלכת אשר אנו רואים ברקיע במאורם הגדול שבעתים מאור הכוכבים העומדים, הנה גם הם גופים חשכים אין נוגה למו מעצמם, ורק שפע אור השמש החוזר מהם הוא המאיר לנו את הגופים ההם, ולולא אור השמש המופיע עליהם כי עתה לא ראינו אותם כלל. אנחנו יודעים, כי השמש שולחת קוי אורה אל כל סביבותיה בחללו של עולם, והקוים ההם אינם מאירים את החלל, ואך כאשר יפגשו בדרכם איזה גוף, אשר לא יוכלו לחדור בעדו הם שבים לאחור, ואז רק אז יופיע לעינינו הגוף ההוא באורו. ע״פ הדבר הזה רואים אנחנו את כוכבי הלכת בנגהם ברקיע השמים, ואולם מצד עצמם אינם מאורות, וכלם כמו אדמתנו אנו הנה גופים חשכים אין נוגה למו.

גם מצאו התוכנים חשבון לדעת, כי הגופים ההם הנראים לעינינו כמו כדורים קטנים וקלים המעופפים ברקיע, גם הם גדולים במדתם וכבדים במשקלם כמו כדור אדמתנו. יש מהם, כמו למשל: ירח, כוכב, נוגה, קטנים מן האדמה וקלים ממנה במשקל ויש בהם גם גדולים וכבדים מאדמתנו, כמו למשל נֶפטון, אורן, שבתאי (סַטורן) צדק (יופיטר). זה האחרון גדול במדתו מכדור אדמתנו פי אלף ומאתים ושלשים וארבעה, זאת אומרת כי אם נחבר יחד 1,234 כדורים כאדמתנו יתהוה מהם כדור אשר יגדל כמו הכוכב צדק. משקל הכוכב הזה הוא שלש מאות ועשר פעמים יותר ממשקל אדמתנו, זאת אומרת, כי כאשר נשים שלש מאות ועשרה כדורים כאדמתנו על כף מאזנים אחת ואת הכוכב צדק בכף שניה ישוה אליהם במשקלו. מן הדברים האמורים בזה נמצאנו למדים, כי אך מראה עינינו ישגה אותנו לחשוב את הכוכבים ההם ככדורים קטנים וקלים ולהבדילם מכדור אדמתנו בתכונות מיוחדות; ואולם באמת אין כל תבונה מיוחדת לכדור

אדמתנו אשר תבדילהו מן הכוכבים ההם המעופפים לעינינו ברקיע השמים.

לסיום הפרק הזה הננו מעירים את אזני הקוראים לדעת, כי היסוד הראשון בחכמת התכונה, אשר נטל על לומדה להוכח על אדותיו ולהכיר אותו הכרה שלמה לכל פרטיה, מבלי השאיר בלבו כל שמץ ספק, הוא, כי הארץ היא נפרדת בפני עצמה בחללו של עולם ואין לה כל תמיכה להשען עליה, ומה נקל הדבר להעלות על לב את היסוד המוסד „תולה ארץ על בלימה"; היסוד השני הוא, כי בחללו של עולם אין מעלה ומטה, ימין ושמאל, אחור וקדם. והיה אם לא יצלח ביד הקורא להוכח לדעת ידיעה ברורה ולהכיר הכרה שלמה, כי כדור אדמתנו הוא גוף נבדל, והוא אחד גרמי השמים המתנועעים ומרחפים בחללו של עולם ככל הכוכבים בשמים; אם נשאר עוד בלבו רעיון קדום על אדות המושג המשובש, אשר בא לנו מן החושים המשגים, כי הארץ היא למטה בתבל ומלואה, והרקיע תמוך עליה ונטוי על פניה כאהל נמתח, — אך לריק הוא לקורא כזה ללמוד את הפרקים הבאים, כי מוחו הוא מטומטם ואיננו מסוגל להכיר לדעת את האמת, ובעד קורא כזה לא תועיל כל יגיעה, אשר ייגע את מוחו להבין עד מה בתורת תנועת הארץ ומהלכה בקרב צבא השמש, ובכלל לדעת את מצב האדמה בחללו של עולם.

ד.

תנועת הארץ.

הארץ איננה מרכז השמים. דמיון תקופת הכוכבים סביב אדמתנו ואי־אפשרותו. שאלה ופתרון. מופתים נאמנים לתנועת האדמה. בחינה ונסיון במטוטלת. להגיד האותות מראש. עוד תנועות אחרות לאדמתנו. כדור הארץ הוא גרגר קטן בקרב הכוכבים.

למראה עין נדמה, כי השמש, הירח וכל הכוכבים לא יעמדו אף שעה אחת במקומם מבלי נוע ולכת, וכי כל צבא השמים סובבים הולכים במשך עשרים וארבע שעות מסביב לכדור אדמתנו.

ימים רבים האמינו בני האדם, כי אמנם כן הוא כמו שנדמה למראה עינינו. כי הנה כל אדם רואה איך השמש עולה ממזרח בכל בקר ומתרומם ברקיע ובצהרים הוא נמצא ברום הרקיע ואח"כ הוא שב לרדת מעבר השני מערבה עד אשר ישקע ויעלם מעינינו והוא שב לזרוח בבקר השני מן המקום אשר משם זרח בראשונה. כמראה הזה רואות עינינו גם בתקופת הירח וכל הכוכבים.

אולם כאשר התרחבו המדעים בקרב בני האדם ויכירו לדעת את הנעשה בתבל ומלואה, הבינו עד מהרה, כי כבד מאתנו להאמין בתנועה כזאת.

בימים מקדם כאשר חשבו את השמש והירח ושאר הכוכבים לגופים קרובים אל האדמה, לא היה מסלול היקפם בלכתם סביב לאדמה במשך כ"ד שעות מהלך רב, ולא היתה מרוצתם נחשבת למרוצה נפרזה מאד. אולם כאשר נודע לחכמי התכונה גם בלי דיוק נכון ואף בקירוב מרחק הכוכבים מן הארץ, אז נוכחו עד מהרה לדעת, כי מרוצת ארח כזה היא מן הנמנעות גם ביכלת.

כן למשל הוכיחו בששה אופנים שונים איש מרעהו וכלם הביאו לידי הכרה בדיוק נמרץ, כי השמש רחוקה מאתנו מהלך 11700 מדות קוטר האדמה. אנחנו כבר למדנו לדעת, כי מדת קוטר האדמה היא 12732 קילומיטר, והיה אפוא מרחק השמש מן האדמה בערכך 149 מיליון קילומיטר. והיה כאשר יצטרך השמש להקיף במהלכו את מסלולו סביב לאדמה במשך כ"ד שעות עליו לרוץ ארח 9000 קילומיטר בכל רגע (זֶקונדא) או מהלך 38,720,000 קילומיטר לשעה. ובשביל מה? למען הקף סביב לנקודה אחת קטנה אשר כמר מדלי תחשב כנגד גדל מדתו הוא, כי השמש גדול מן האדמה בקוטרו פי מאה ושמונה ובכמות חומרו הוא גדול מן האדמה פי 1,283,009 וכבד ממנה במשקלו פי 324,009!

נהאה אפוא בעליל, כי לא יתכן לחשוב היקף כזה. תנועה כזאת היתה נחשבת לנו לחזיון נשגב מבינת אדם ומתנגד לכל חקות הטבע הנודעים לנו.

ככל אשר דברנו פה על אדות השמש נוכל לדבר גם על אדות שאר הכוכבים, ומספרם עולה למיליונים, לאלפי אלפים ורבוא רבבות מיליונים! אין קץ למספרם וכל אחד מהם הוא גדול במדתו וכבד במשקלו הרבה יותר מן האדמה, כל אחד מהם הוא שמש!

ומרוץ הכוכבים ההם סביב לארמתנו במשך כ"ד שעות היה נשגב מבינתנו עוד הרבה יותר ממרוץ השמש, יען כי שונה הוא המרחק המבדיל בינינו ובין כל אחד מהם, והם אינם קבועים בגלגל השמים כמו שחשבו לפנים. הם רחוקים מאתנו מרחקים שונים, וגם יש אשר המרחק גדול ועצום הוא עד אשר נשגב מאתנו לשער את מדתו:

הקרוב אלינו בכוכבים ההם עודנו רחוק מן האדמה 275,000 פעם יותר ממרחק השמש. ולמען הקף את האדמה מסביב היה הכוכב ההוא צריך לרוץ ארח פי 275,000 יותר ממרוץ השמש אשר הזכרנו למעלה, זאת אומרת מהלך 2,475,000,000 קילומיטר בכל רגע. שני מיליַרדים, ארבע מאות ושבעים וחמשה מיליון קילומיטר ברגע כמימרא!

והכוכב הזה הקרוב אלינו לא ימהר לרוץ ארח כמו הכוכב הרחוק מאתנו, והיה אפוא המרוץ הזה הולך וגדול לשאר הכוכבים, וכל הרחוק מאתנו יותר מחבירו תהיה גם מרוצתו גדולה בערך מתאים עם מדת המרחק, וכאשר יהיה מרחק איזה כוכב מאתנו פי עשרה, פי מאה, פי אלף וכו' תהיה גם מרוצתו סביב לארמה מהירה פי עשרה, פי מאה, פי אלף וכו', ולכוכבי השמים אין מספר, והיתה אפוא המחשבה בלבד על אדות מהירת המרוץ בתנועה כזאת רעיון שאין הוחח קולטו. וכל אחד הכוכבים ההם כבד במשקלו הרבה יותר מאדמתנו. הכוכב הקרוב אשר דברנו על אדותיו כבד במשקלו גם מן השמש.

בערכנו שאלה ונעמידנה על הפרק — נחשב לנו כמו שמצאנו לה פתרונים.

כי הנה אמנם אחת היא לנו לראות את השמים והכוכבים מתנועעים ומקיפים את אדמתנו אנו או כי הארמה סובבת על צירה ומתנועעה על קוטרה. לכל איש מאתנו אנה המקרה לנסוע באניה או במרכבת הקיטור במסלת ברזל, ובהשקיפנו מן האניה על החוף נדמה לנו, כי אנחנו ואניתנו עומדים בלי נוע והחוף הולך ומתנועע. אולם הדמיון הזה באניה יעבור על נקלה כאשר נכונן את מבטי עינינו אל האניה ואל החוף חליפות, ואולם בעת שבתנו במרכבת הקיטור ועבר מסענו על יד מסע שני העומד בדרך, אז בשום אופן לא נוכל להעביר את הרמיון כי אנחנו עומדים והמסע השני ירוץ לפנינו.

אנחנו כבר למדנו למעלה לדעת, כי הארמה היא עגולה ככדור והיא נפרדה בפני עצמה בחללו של עולם. והיה בהתנועעה וסבובה על קוטרה יחד עמנו לא נוכל להרגיש את התנועה הזאת. אין בתנועה זו כל חכוך וכל שאון ורעש. ואם השמים מקיפים וסובבים את הארמה, אין לנו אות ומופת על זה בחזיונות הטבע.

ובכן יש לנו שני דרכים: או להכריח את התבל ומלואה להתנועע בכל יום ויום סביב לאדמתנו, או להחליט, כי כדור אדמתנו אנו מתנועע בעצמו וסובב על קוטרו, ובאופן הזה נפטור את התבל ומלואה מן הטרח הגדול הזה שאין המוח קולטו.

הננו שונים פה את דברינו שהגדנו למעלה: לערוך שאלה

ולהעמירה על הפרק — יחשב לנו כמו שמצאנו לה פתרונים, כי אמנם מן הנמנע הוא כי לא יוכח כל בן דעה להכיר כרגע, כי האדמה ולא השמים סובבת ומתנועעה.

את הדבר הזה שערו החכמים עוד לפני אלפים שנה, והלמוד הזה יצא בראשונה מבית מדרשו של פיתגורוס. ציצרו ופלוטרך מזכירים בספריהם פילוסופים אשר יצאו בעקבי ניצֶטוס הסירַקוזי ויתמכו בשטת תנועת הארץ, ואך פטלמיוס התנגד לה, ויחזק מוסדי שטת תנועת השמים סביב האדמה, והשטה נקראה על שמו עד היום הזה. אולם במאה השש עשרה לספה"נ נמצא איש חכם פולני, קופרניקוס שמו, אשר תקן את שטת תנועת הכוכבים ויסול מסלה חדשה בהסירו כל הספקות אשר היו כצורי מכשול על דרך התכונה; ותחת אשר היינו צריכים לתאר לנו לפי שטת פטלמיוס תנועת גלגלים שונים במספר שבעים וחמשה בנטיות שונות איש מרעהו ואחרי כל אלה עוד היו הרבה תנועות גרמי השמים כחידה כתומה, וחכמי התכונה אשר יכלו להתפאר, כי נהירין למו שבילי דרקיע בשבילי עיר מושבם, הוכרחו להודות כי יש עוד שבילים ברקיע אשר לא ידעום, והם שבילי כוכבי השבט ועיד כאלה — הנה עתה אורו עיני החכמים ולא נשאר להם כל נעלם בתנועת גרמי השמים, והשטה היא נבונה ופשוטה, מובנת לכל כיום הזה; וכל זאת באה לנו על ידי ההכרה לדעת, כי האדמה מתנועעה גם היא והנָה כאחד הכוכבים בשמים.

האדמה סובבת על קוטרה בכל משך יום תמים (כ"ד שעות) וגם היא מעופפה סביב לשמש במשך שנה תמימה. בגלל תנועת האדמה נראה העתקת גרמי השמים לעינינו כמו שנראה לאדם הנוסע במסלת הברזל, כי העצים והאדמה אשר סביבו נעים ורצים. גם רואים אנחנו לרגלי התנועה הזאת את מצבנו לעמת שאר הכוכבים בכל פעם במקום אחר, ודבר זה לא יכלו חכמי התכונה לבאר כראוי ע"פ השטה הישנה.

מסלת האדמה סביב לשמש במהלכה שנה שנה היא במרחק 149 מיליון קילומיטר מן השמש. אכן שאר הכוכבים העומדים הם רחוקים מאתנו מרחק רב מאד, ועל כן לא יהיה שנוי גדול

במצבנו לעמתם; ואולם שנוי קטן נראה ומורגש, והיה גם הוא לאות נאמן לתנועת אדמתנו תנועת משנה, תנועה אחת סביב לקוטרה ואחת סביב לשמש.

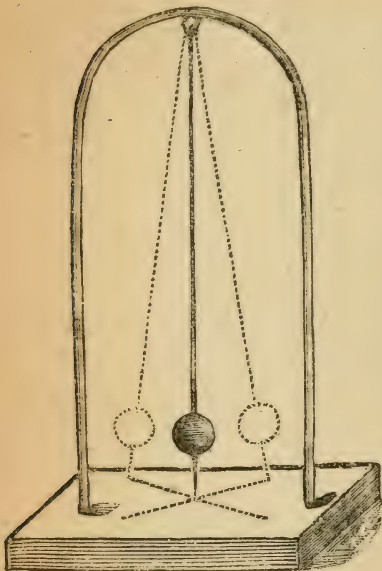
ישנם עוד הרבה מופתים נאמנים לתנועת האדמה. כן למשל נודע, כי קוטר האדמה הנמשך מצירה האחד למשנהו הוא קטן מעט במדתו מן הקוטר הנמשך מאחת נקודות הקו המשוה אל נקודה אחרת ממולה, זאת אומרת: כי הכדור בתנועתו התקצר משני ציריו ויתארך מעט בקו המשוה, והיה הדבר לאות נאמן כי הכדור מתנועע סביבו. כאשר נשליך אבן אל באֵר עמוקה לא תפול האבן בארח ישרה מלמעלה למטה, כי אם תעתיק מעט את מקומה לצד מזרח, וסבת הנטיה הזאת מבארת ע"פ חקי המנוחה והתנועה רק בתנועת כדור האדמה. כל גוף יכבד במשקלו על ידי הצירים מאשר על הקו המשוה, וסבת הדבר, כי על הקו המשוה גדול כח הדחיפה מן המרכז והכח הזה יקטין את הכח המושך אשר לאדמה במקום ההוא ועל כן יקטן משקל הגוף. ואם ימעטו לך הקורא כל המופתים האלה הנה אתן לך עוד מופת אחד ואחר אחדל:

ישנו חק אחד בחקי המנוחה והתנועה וחק „תנופת מטוטלת" שמו, אשר ילמדנו לדעת, כי כאשר נניע מטוטלת, כמו למשל חבל ארוך אשר בקצהו התחתון קשור אבן כבדה וקצהו השני קשור בספון הבית, אז תתנועע המיד בנטיה אחת אשר נרחפה בה בתנופתה הראשונה. למשל אם נדחוף אותה פעם אחת ממזרח למערב אז תתנועע כל תנועותיה בין מזרח למערב עד נוחה מתנועה, ולעולם לא תט המטוטלת מדרכה בין מזרח למערב אם לא תהיה איזו סבה לשרך את דרכה זה.

אם חפץ אתה הקורא בנסיון, קח לך קשת וחברת את שתי קצותיה אל שלחן מושבך באופן אשר עגולה יהיה נטוי למעלה, כאשר תראינה עיניך בתמונה אשר לפניך (ציור ג'). בנקודת גובה הקשת תתלה מטוטלת והניעות אותה בדחיפה אחת ושמת את לבך לדעת, כי תנופותיה הן תמיד בנטיה אשר קבלה המטוטלת מן הדחיפה הראשונה. ואולם בעת אשר המטוטלת בתנועה ככה נסה נא להסב לאט את השלחן ולשנות את מצבו

באופן אשר קצותיו שהיו פונות מזרחה ומערבה תסבנה פניהן נגבה וצפונה, אז תראה כי המטוטלת לא שנתה את תנופותיה ביחס אל ארבע פנות העולם ורק קבלו התנופות צורה אחרת ביחס אל קצות השלחן, אשר אליו חברה הַקשת.

ובעשותך הקורא את דבר הבחינה הזאת אין לך צרך להסב את השלחן סבוב גדול ואחת היא לך אם מעט ואם הרבה ישתנה מצבו, כי גם בכל נטיה קטנה יורגש השנוי בנטית מישור התנופה של המטוטלת, והיה גם השנוי הזה מעט או הרבה, הכל לפי ערך הטית השלחן ממצבו הוא.



ציור ג.

עתה אחרי הבחינה הזאת שער נא בנפשך, כי הארמה אשר אנחנו יושבים עליה תהיה לנו לשלחן, והיה כאשר נעמיד עליה מכונה כזאת עם מטוטלת גדולה אשר תוכל להאריך תנופותיה שעות מספר, וראינו שנוי בתנועת המטוטלת בתנופותיה ביחס אל ארבע פנות העולם, נדע אל נכון, כי הארמה שנתה את מצבה. והנה החוקרים עשו בחינות כאלה בתנופות המטוטלת על יד הצירים וגם על יד הקו המשוה ובמקומות הבינים, ויוכחו לדעת, כי אמנם כן הוא, כי על יד הצירים תטה המטוטלת את תנופותיה באותה מדה שהאדמה תסוב על קוטרה, מה שאין כן על יד הקו המשוה, כי שם לא יהיה שנוי בתנופותיה כמו שתוכל להבין מעצמך.

נדמה כי יספיקו לך המופתים האלה להסיר מלבך כל ספק בדבר תנועת הארמה. ועוד לך לדעת, כי חקי התכונה ומערכת כוכבי השמים נודעים כעת באופן ברור כזה, אשר יש לאל ידנו להגיד האותיות מראש ולקצוב מועד נבון לכל חזיון בשמים מבלי החטיא אף כחוט השערה. ולא זו בלבד, כי גם זאת ידעו חכמי התכונה להגיד, כי במקום פלוני נמצא כוכב, אשר איש לא ראה אותו עד היום הזה ורק מפי הלמודים בלבד למדו החכמים כי מציאותו היא מוכרחת, ויהי אח"כ כאשר המציאו הדורות הבאים אחריהם כלי מצפה טובים ראו בעיניהם את אשר שערו חכמי הדורות הקודמים.

שתי התנועות האלה אשר לאדמתנו, תנועה סביב לקוטרה בכל יום ויום ותנועה מסביב לשמש בכל שנה ושנה, הן שתי התנועות הראשיות אשר אנו צריכים לדעת; ואולם יש לה עוד הרבה תנועות אחרות, אשר אין לנו כעת צרך לדעת אותן, ואשר בגללן יהיה כדור ארצנו נחשב לאבק קל בתבל ומלואה.

ה.

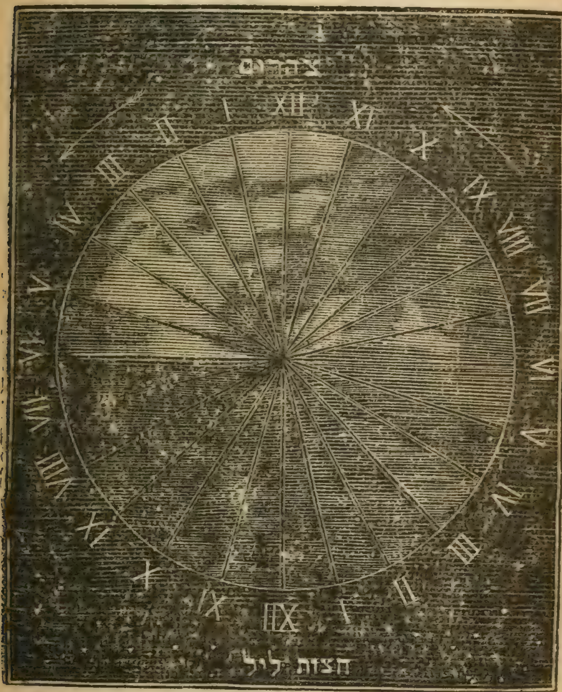
החזיונות הבאים לרגלי תנועת הארץ.

יום ולילה. שעות היום. קוי הצהרים. האקלימים. תקופות השנה. לוח השנה.

כדור הארמה, בסבבו על קוטרו במשך עשרים וארבע שעות, הוא פונה את פני כל עבריו חליפות אל מול פני השמש, השולח אליו קוי אורו ממרחק 149 מיליון קילומיטר, או במלים אחרות: השמש מאירה על הארץ חליפות פעם מעבר מזה ופעם מעבר מזה. בגלל הדבר הזה יהיה לנו יום ולילה. בגלילות הכדור הפונים אל השמש יהיה יום ובגלילות אשר מעבר השני יהיה בעת ההיא לילה, כי הארמה מכוסה מעיני השמש בצל עצמה,

והיה הדבר הזה גם לקנה המדה להבדל העת בשעות היום. כי לגלילות הארץ המפנים בזמן אחד אל מול פני השמש יהיה צהרים, ולגלילות המפנים בעת ההיא אל העבר השני יהיה חצי הלילה; בגלילות הארץ ההולכים הלוך וקרוב אל מול פני השמש יהיה בקר, ובגלילות אשר מעבר הכדור מזה ההולך ומתרחק מפני השמש יהיה ערב. כל גליל סובב את קוטר האדמה במשך כ"ד שעות והחליף את מצבו לעמת השמש בכל ארבעת האופנים הנ"ל והיו לו בקר וצהרים, ערב וחצי הלילה במשך תקופתו זאת. לוא יכלנו להביט מרחוק על פני האדמה, ומבטי עינינו יהיו מכֻונים על הציר הצפוני, וראינו כתבנית עגול, כמו שאנו רואים למשל את כדור הירח בתבנית עגול, ותארנו לנו את העגול כעין לוח השעון הנחלק לעשרים וארבעה חלקים שוים, והיה חצי הלוח מואר וחציו השני מכוסה צל, וחלקנו את החצי האחר לשנים עשר חלקים שוים וגם את החצי הנשאר לי"ב חלקים, ובנקודת גבה החצי המואר נתאר לנו את ציון המספר XII ולעמתו בנקודת אמצע החצי השני מלמטה נסמן ג"כ את הציון XII, והיה לנו הראשון לסמן הצהרים והשני לסמן חצי הלילה, ומן הסמן הראשון לצד שמאל נרשום אצל קוי החלוקה ציוני מספרים I, II, III וכו' עד הגיענו לציון שנים עשר (XII) המתאר לנו חצי הלילה ומשם והלאה נשוב למעלה מעבר הלוח מימין וציננו לנו גם כן את המספרים I, II, III וכו' עד שובנו אל נקודת הצהרים אשר משם החלונו את רשימת הציונים (ציור ד'), ואנחנו נראה כי הלוח העגול אשר לפנינו סובב מימין לשמאל, ואז נוכל להבין באר היטב איך יעבור כל גליל וגליל מאדמתנו במשך כ"ד שעות היום תחת כל ציון מספר מעשרים וארבעת הציונים הנ"ל, והיה לנו לכל אחד הגלילות עשרים וארבע שעות. הקוים אשר תארנו לנו על פני חצי הכדור הצפוני, אשר נדמה לנו בדמות עגול, שכל קו נסמן בציון אחד מעשרים וארבעת הציונים, יתארכו וימשכו על חצי הכדור הדרומי עד הגיעם בקציהם אל נקודת הציר הדרומי ונראה גם מצד ימין כהמונה הנ"ל.

הקוים הנמשכים באופן כזה מנקודת הציר האחד אל נקודת הציר השני ממולו והם עוברים על פני הכדור לכל ארכו ומתארים בעד כל גלילות הארץ הנמצאים תחתם את המקום העובר תחת הציון XII המסמן את הצהרים, או את המקום אשר שם העמוד השמש בחצי השמים ומשם היא שבה לרדת לצד מערב — הקוים ההם יקראו בשם „קוי־הצהרים", ובלשונות העמים יקראו להם „מֶרִידִיַנים".



ציור ד.

על פי חלוקת גלילות הארץ לקוי־הצהרים נדע בדיוק נמרץ את ההבדל בשעות היום אשר בין גליל לגליל ובין מדינה למדינה.

בן, למשל, נודע לנו: כי בעת אשר בפַריז הוא צהרים תהיה בווין שעה 12 עם 56 מינוּט, בפטרבורג — שעה 1 עם 52 מינוט, זועץ — 2, טְהֶרַן, בירת פרס — 3 ורגעים 16, בוּכָרא — 4 ושלשה רגעים, פֶּקינג, בירת חינא — 7 עם 37 מינוט לפנות ערב, וכן להלאה, ובפֶטרופַּבלובסק תהיה אז השעה הראשונה ושלשים וששה רגעים אחרי חצות ליל, בסון־פְּרַנציסקו — שעה 3 עם 31 מינוט לפנות בקר, במֶקסיקא — 5 עם 14 רגעים בבקר, בנויורק — 6 עם 55 מינוט בבקר, וכן להלאה עד אשר נגיע ללונדון ששם תהיה אז השעה 11 עם 51 רגעים לפני הצהרים.

אם יסע אדם הלוך ונסוע ממערב למזרח עד הקיפו את כל כדור הארץ מסביב, אז יקדים התקופה אחת אשר הקיף כדור האדמה סביב לקוטרו ורכש לו יום תמים, והיה בשובו אל המקום אשר יצא משם ולפי חשבונו יהיה למשל יום ו׳ בשבוע, ואולם אצל העם יושב המקום יהיה אז יום ה׳ בשבוע. ואם יסע סביב האדמה בדרך מהופך, הלוך ונסוע ממזרח למערב, אז יאבד לו יום תמים ובשובו אל המקום שיצא משם יהיה לפי חשבונו למשל יום ו׳, ואולם אצל העם יושב המקום יהיה יום השבת.

הנה כן תתן לנו תנועת הארץ סביב לקוטרה מדת העת. הזמן הדרוש לכדור האדמה לסוב סביב קוטרו מהחל ועד כלה יקרא יום תמים או מעת־לעת, והוא נחלק לעשרים וארבעה חלקים שוים, וכל חלק יקרא בשם שעה, השעה נחלקת לששים מינוטין, המינוטה נחלקת לששים זֶקונדות. לולא הקיפה האדמה סביב לקוטרה, כי עתה לא היה לנו כל מושג על ארות העת. ברחבי התבל ומלואה רחבי אין קץ אין כל עת. חכמת התכונה היא בראה את העת והיא המודדת אותה.

כדור האדמה הסובב על קוטרו איננו נצב במצב ישר אל מול פני השמש כי אם נטוי מעט הצדה. לוא היה הכדור נצב במצב ישר אל מול פני השמש, כי עתה היו יום ולילה שוים תמיד בכל גלילות הארץ, והיה היום בן שתים עשרה שעות וכן גם הלילה. אולם יען אשר הכדור נטוי הצדה מן השמש, על כן יהיה החצי המואר ע״י קוי השמש גם הוא נטוי הצדה מן הקוטר

כמו שנראה בציור ה׳ אשר אנו נותנים בזה:



ציור ה.

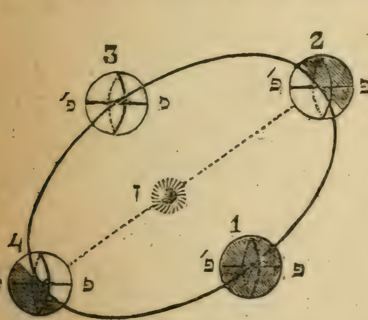
והיה הבדל במדת היום והלילה בין הגלילות הנמצאים במקום הסמוך אל הציר אשר קוי השמש לא יגיעו אליו ובין הגלילות הנמצאים סמוך אל הציר אשר אור השמש לא יחדל מהגיע אליו כל העת. בגלילות הראשונים יהיה היום קצר והלילה ארוך ובגלילות האחרונים יהיה להפך, הלילות קצרים והימים ארוכים, כאשר יבין הקורא בהסתכלו אל התמונה המצוירת לפניו, בהארו לו את הכדור הסובב על צירו והאור יצנוף אותו צנפה באלכסון.

עתה נעיר לדעת, כי האדמה מלבד סבובה על קוטרה בכל יום ויום היא מעופפת במסלול סביב השמש במשך השנה, ובעופפה ככה איננה משנה את מצבה הנטוי הצדה ורק תמיד היא נמצאת לעמת שטח מסלולה בנטיה הצדה. ולרגלי הדבר הזה תשתנה מדת היום והלילה חליפות על שני חצאי הכדור מצפון ומדרום, בכל תקופה ותקופה מארבע תקופות השנה.

למען הבין את הדבר הזה על בוריו נטל על הקורא לעשות בחינה אחת קטנה והיא;

קח בידך כדור והניעות אותו בין שתי אצבעות כי יסוב על קוטרו. הבחינה תעשה בלילה בעת אשר בחדר מושבך יאיר נר דולק על שלחן, ואתה תחזיק בידך את הכדור אל מול הנר במרחק אמה, ושמת לב כי יהיה ציר אחד מן הכדור נטוי מעט הצדה מנגד אור הנר, באופן אשר קרני האור לא תגענה אליו והציר השני יהיה מואר כלו, כמו שאתה רואה בתבנית הציור ה׳. כאשר יסוב הכדור על צירו במצב כזה תראה, כי הציר המואר וכל הגליל אשר סביבו לא יכוסה בצל כל העת; ואולם במדה שנרחיק מן הציר נפגוש גלילות אשר אך לזמן קצר הם באים בצל והיה למו הלילה קצר והיום ארוך, וכאשר נרחיק יותר מן המקום ההוא כן יתרחב מקום הצל המכסה את הכדור, ולהגלילות הנמצאים שם יהיה היום קצר והלילה ארוך, עד אשר נגיע אל הכדור השני המכוסה כל העת בצל ושם לא יגיעו קוי האור כלל והיה ליל תמיד. עתה אחרי ההתבוננות הזאת אל הכדור טלטלהו לאט ונשאת אותו בעגול סביב להנר הדולק: ואולם תשמור את מצב שני הצירים לבל ישתנה לעולם והיה תמיד הציר האחד פנוי למשל צפונה והשני נגבה או האחד יפנה מזרחה והשני מערבה או באלכסון, ואל תטה את הכדור למעלה או למטה ורק העתיקהו ממקומו במצבו והקיף במסלול סביב לנר; ואז תראה, כי אחרי עבור הכדור רביעית מסלולו מסביב לנר ישתנו פני הדברים שנוי ניכר לעין, כי הציר אשר עד כה היה מואר ימצא עתה על גבול האור והצל, וכן גם הציר השני אשר היה בראשונה מכוסה בצל נמצא עתה על גבול האור והחשך, ובכל הגלילות אשר על פני כל הכדור יעברו במשך זמן תקופתו

סביב לקוטרו בחצי הכדור המואר ובחצי הכדור המכוסה צל בזמנים מכונים ודומים זה לזה, והיו היום והלילה שוים במדתם על פני כל הכדור. אח"כ תעתיק את הכדור להלאה בדרכו העגול מסביב לנר ונזהרת לבלתי שנות את מצבו כאשר אמרתי למעלה, וראית עוד שנוי אחד, כי כאשר יגיע הכדור עד חצי הדרך, זאת אומרת עד מעבר לנר למקום מכון מול המקום אשר משם החלות את הבחינה, יהיה הציר שהיה מואר בראשונה מכוסה עתה כלו בצל וקוי אור הנר לא יוכלו להגיע אליו כל העת, ולעמתו הציר השני שהיה מכוסה בצל בראשונה יהיה עתה מואר כל העת, ולכל הגליל מסביב לו יהיה אור תמיד, ולכל הגלילות הסמוכים אליו יהיה יום ארוך ולילה קצר. עתה הוסיפה נא להעתיק את הכדור משם והלאה במסלול היקפו סביב לנר עד הגיעך לשלשת רבעי המסלול ואז התבונן וראית כי שבה אליו התקופה שעברה עליו בעת היותו ברבע דרכו, כי שני הצירים נמצאים שנית על גבול האור והחשך, ובכל גלילות הכדור יהיה יום ולילה במדה אחת. והנני נותן לך בזה ציור ו' אשר יתאר לך את מוצא דבר הבחינה אשר בחנת, ואתה תאר לך את הנקודה התיכונית המסומנת באות ז', כי היא השמש, וארבעת הכדורים המסומנים בארבעת הציונים 1, 2, 3, 4 יהיו לך לתבנית כדור הארמה בארבע התקופות במשך זמן היקפו מסביב לשמש במסלולו. אצל כל כדור מסומנים מקומות שני הצירים באותיות פ ופ'. באופן הזה תראה הקורא, כי להצירים יהיה יום ולילה רק פעם אחת בשנה, והיה היום ששה ירחים התמימים וכן גם לילה. בגלילות הסמוכים



ציור ו.

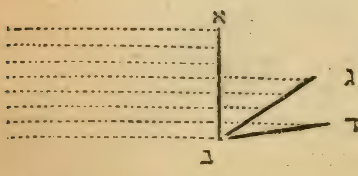
אל הצירים יש אשר יהיה להם יום ארוך של ירחים שלשה, שנים,

חדש אחד, הכל לפי מרחקם מן הציר; ואולם באמצע הכדור במקום הקו המשוה יהיה היום והלילה שוים תמיד בגדתם מבלי השתנות, ועל כן נקראו הגלילות ההם בשם גלילות הקו המשוה.

הנה כי כן למדת אפוא לדעת, כי בגלל היות כדור הארץ נטוי מעט הצדה ממישור מסלול מהלכו מסביב לשמש תהיינה לנו ארבע תקופות השנה בהשתנות מדת היום והלילה; ואולם עוד לך לדעת, כי מן הדבר הזה עוד לחליפות והתמורות אחרות על פני כדור אדמתנו תוצאות, והן: קור וחום או קיץ וחרף.

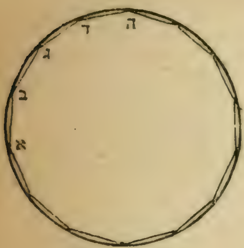
קוי אור השמש בהשפעה מרובה יתנו לנו את החום, כי החום והאור בני אב אחד הם, כנודע. עלינו רק לבאר לנו בזה את מושג השפעה מרובה של קוי אור השמש, אחרי דעתנו, כי סבת התגבר החום בימי הקיץ איננה התקרבות כדור הארץ אל השמש; כי כאשר נבאר להלאה יודע לך, כי בתקופת הקיץ יתרחק כדור האדמה מן השמש עוד יותר מאשר בימי תקופת החרף, וסבת רבוי החום היא רק ההשפעה המרובה של קוי השמש, ונטל אפוא עלינו לבאר להקורא את הדבר הזה אשר כזר יחשב לו בהשקפה ראשונה.

שער נא בנפשך קורא נכבד את קרני אור השמש כעין קוים ישרים ההולכים מן השמש בארח ישר אל כל סביבות השמש, והקוים קרובים איש אל רעהו באופן אשר על שטח אצבע מרובע יפלו למשל מאה, אלף או עשרת אלפים קוים דקים כאלה. עתה קח לך פסת ניר או לוח מרובע, אצבע על אצבע, והצגת אותו במישור מול קרני אור השמש או אור הנר בתבנית א וב אשר אתה מראה בציור ח׳, וראית כי על הלוח יפלו כל קוי האור העוברים מן הנר המאיר בששח אצבע על אצבע; ואולם בהטותך את הלוח הצדה בתבנית ג וב תראה כי רק חצי מכסת הקוים יפלו עליו ושאריתם יעברו הלאה מבלי הגיע אליו,



ציור ז.

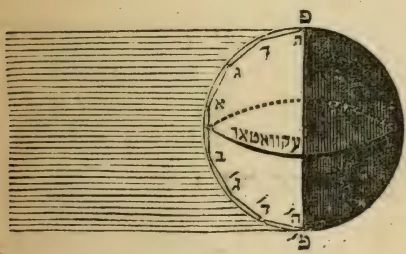
ואם תוסיף להטותו עד תבנית ד וב ימעטו הקוים הנופלים עליו עד הכלית המיעוט. ואולם בכל זאת עוד נראה עליו האור ורק בסכום קוים מצער מאד. עתה שים נא אל לבך לדעת כי כל עגול או כדור יוכל להחשב כעין קבוץ לוחות או מישורים קטנים הרבה מאד נצבים איש אצל רעהו כתבנית העגול בציור ח׳ אשר אנו נותנים לפניך.



ציור ח.

הקוים המסומנים באותיות א׳, ב׳, ג׳, ד׳ וכו׳ יתארו לנו לוחות או מישורים קטנים אשר מהם התהוה הכדור או העגול.

נצעד נא עוד צעד אחד הלאה והארנו לנו את מצב כדור האדמה אל מול פני השמש בתבנית לוחות קטנים כנ"ל ממול קוי אור הנר, כמו שאתה מראה בתמונה אשר לפניך בציור ט׳. הקוים יתארו את קוי אור השמש הנופלים על פני כדור הארץ. והנה כל איש יראה כרגע, כי המישור המסומן באותיות א׳ וב׳ יקבל קוי אור במדה מרובה מן המישור א—ג או ב—ג׳ וכו׳.



ציור ט.

והוא אשר לנו לדעת במושג שפע מרובה של קוי אור השמש.

עתה נשובה לבאר איך תהיה נטית כדור האדמה הצדה ממישור מסלול מהלכו סביב לשמש סבת השנויים בתקופת הקיץ והחרף או הקור והחום. הבאור הזה הוא דבר נקל מאד, אחרי הדברים האמורים למעלה. על הקורא לשים עין עוד הפעם על התמונה בציור ז׳, ולשית לב לדעת, כי הגליל המפנה אל השמש

בתבנית מישור זקוף מקבל חום מרובה, והיתה לו תקופת קיץ, ולהפך הגליל הנטוי הצדה אף כי אור השמש יגיע אליו, אבל מכסת קוי האור מעטה היא ואינם נותנים חום במדה מספקת, והיה חרף על פני הארץ. ויען כי במשך השנה יחליפו הגלילות הנמצאים בין הצירים ובין הקו המשוה את מצבם חליפות בארבע תקופות, על כן תעבורנה עליהם ארבע התמורות הנודעות בשמות קיץ וחרף, אביב וסתו.

הקורא הנבון יראה וידע, כי השנויים והתמורות אשר על אדותם אנחנו מדברים בזה, יתחוללו רק בגלילות הנמצאים בין הצירים ובין הקו המשוה, ואולם על הצירים בעצמם יהיו השנויים בקור וחום קטנים מאד, כי גם לעת אור יומם הנמשך ששה ירחים תמימים אין קוי האור משפיעים עליהם חום במדה מספקת להחם את האדמה ולהצמיח צמח, ועל כן קרח עולמים יכסה את שני הצירים, והים אשר עליהם הוא ים הקרח. ובגלילות הקו המשוה ישלוט החום כל הימים, כי בכל ארבע התקופות פונים הגלילות ההם אל מול השמש במישור ומקבלים השפעת קוי האור במדה מרובה.

עפ"י הדברים האלה נחלק כדור האדמה לאקלימיו השונים והם נקראים גם בשם אזורים, כי יאזרו את הכדור מסביב, והם: 1) האקלים החם והוא משתרע משני צדי הקו המשוה עד מרחב ידוע אשר התוכנים קצבו לו מדה במעלות רוחב הכדור כאשר נבאר להלאה; 2) האקלימים הקרים והם שנים המשתרעים על שני הצירים מצפון ומנגב ג"כ עד מרחב ידוע כאמור למעלה; 3) האקלימים הממוצעים והם ג"כ שנים המשתרעים בין האקלים החם ובין שני האקלימים הקרים, כאשר עיני הקורא רואות בציור הזה.



ציור י.

להשלים את הידיעות הנוגעות לחלוקת הכדור לגלילותיו הננו מעירים את אזני הקורא לדעת, כי כמו שתארנו לנו למעלה (צד 34) קוים נמשכים על פני כדור האדמה מציר אחד אל משנהו דרך הקו המשוה, אשר קראנום בשם קוי הצהרים, כן מתארים למו חכמי התכונה ויודעי גלילות הארץ קוים עגולים הסובבים את הכדור לארכו, זאת אומרת קוים אוזרים את האדמה ממזרח למערב ומקבילים אל הקו המשוה; ואולם הקוים האלה שונים הם תכלית שנוי מקוי הצהרים, כי לקוי הצהרים מדה אחת לכלם וקצבה אחת למדת קוטרם, לא כן הקוים המקבילים אל הקו המשוה אשר נקראם בשם קוי הרוחב, שהם הולכים ומתקצרים במדת קוטרם מדי התרחקם מן הקו המשוה והתקרבם אל הצירים, כאשר תראינה עיני הקורא בתמונה הזאת:



ציור יא.

הקוים ההולכים מן הציר האחד אל משנהו ונסמנים באותיות א א הם קוי הצהרים, והקוים הנסמנים משני עברי ב ב הם קוי הארך.

כל עגול או קו היקף בדור נחלק אצל חכמי המדידה לשלש מאות וששים חלקים שוים, והחלקים ההם נקראים בשם „מעלות". וזה דבר חלוקת העגול לש"ס מעלות: מנקודת מרכז העגול נמשכים שלש מאות וששים קוים ישרים, והם הולכים ומתפשטים לארכם עד אין קץ, ובמדה שהם מתרחקים והולכים בה במדה יתרחקו איש מאחיו, כמובן. והנה הנקודה אשר ממנו יצאו הקוים האלה תהיה למרכז כל עגול אשר אנו רוצים לחלק אותו לש"ס חלקיו או מעלותיו, והיתה מדת המעלה האחת כל קשת או חלק העגול האחוז בין שני קוים מש"ם הקוים הנ"ל. ואחת היא אפוא אם העגול גדול או קטן, כי בכל אופן שיהיה יתחלק על ידי ש"ס הקוים האלה לשלש מאות וששים חלקים שוים. כל מ ע ל ה מתחלקת לששים חלקים דקים אשר יקראו בשם מ ש נ י ם ובלשונות העמים בשם „מינוטות", וכל משנה יתחלק לששים „שלישים" או „זקונדות".

וציונים מיוחדים נתנו החכמים לחלקי העגול האלה, והם מציינים את המעלה בסמן °/, המשנים — ′/ והשלישים — ″/, כמו למשל שלשים ושש מעלות, ועשרים וחמשה משנים, ושבעה שלישים יתארו בציונים כאלה: 36°, 25′, 7″.

עתה שים נא עינך על התמונה אשר לפניך בציור י"א, וראית כי צינו לך על הכדור מספר קוים אשר יתרחקו איש מרעהו בערך 10 מעלות, וציוני המספרים הנסמנים עליהם יורוך איך יערכו התוכנים את מעלות הרוחב על ידי הקוים המקבילים לקו המשוה, ואת מעלות הארך ע"י קוי־הצהרים, ומתחילים למנות את מעלות הרוחב מן הקו המשוה; ואולם את קוי הארך שהם קוי הצהרים יכולים למנות מאחד קוי הצהרים אשר נחפוץ. ואולם לרגל המלאכה אשר לפנינו אין לנו צרך לבחור לנו קו אחד כזה, ורק לידיעות גלילות הארץ דרושה בחירה כזאת, ואנחנו אך אל קוי הרוחב נשים לב, כי אך המה דרושים לחפצנו בלמודי התכונה.

אנחנו למדנו למעלה, כי כדור האדמה במהלכו במסלולו סביב לשמש הוא נטוי מעט הצדה; ואולם לא בארנו עד מה תגדל מדת הנטיה הזאת, ועתה נבאר את הדבר הזה: כדור האדמה עטוף תמיד שתי מעטפות, מעטפת אורה מעבר האחד הפונה אל מול השמש, ומעטפת חשך מעבר השני, והנה לוא היה הכדור פונה אל השמש בלי נטות הצדה, כי עתה היו שני הצירים נמצאים תמיד על גבול שתי המצנפות האלה ומדת היום והלילה היתה תמיד שוה. ואך הכדור נטוי הצדה באופן אשר הגבול שבין מעטפת האור והחשך יעתק מן הצירים כדי 23°, 27′, והיה בעת אשר יעטה הציר האחד מעטה אורה אשר ישתרע עליו עד רוחב 23°, 27′ מעבר מזה, יכוסה הציר השני במעטה חשך גם הוא עד רוחב 23°, 27′ מן הציר מעבר השני. ולרגלי הנטיה הזאת יתחלק הכדור לחמשת אַקלימים ג"כ במדה הזאת, והיתה מדת האזור החם בערך 23°, 27′ משני עברי הקו המשוה, והאזורים הקרים אשר על הצירים ישתרעו גם המה בערך 23°, 27′, ונשארו לנו שני האזורים הממוצעים אשר מדת רוחב כל אחד מהם תהיה 43°, 6′.

מלתנו אמורה למעלה, כי עגולי היקף כדור האדמה לארכה ולרחבה נחלקים כל אחד ואחד לש"ס מעלות, ואולם עלינו לדעת, כי אחרי אשר נמדד הכדור לארכו ולרחבו בדיוק יש לאל ידנו לקצוב גם מדת ארך כל מעלה. והנה התוכנים מצאו חשבון למדת מעלת הרוחב בערך ממוצע שהיא 111,113 מעטר, ואולם יען כי האדמה איננה כדורית בדיוק, כי כאשר כבר אמרנו התפשטה מעט אצל הקו המשוה ותתכוץ אצל הצירים (בערך $^1/_{292}$) ע"כ הקטן מדת המעלה אצל הקו המשוה והיתה רק 110,563 מיטר, ואצל הצירים תגדל המדה עד 111,707 מיטר.

אך למעלות הארך אין לתת מדה וקצבה כוללת, יען כי, כאשר כבר למד הקורא לדעת, אין העגולים ההם שוים במדתם, והם הולכים ומתמעטים במדה שהם מהרחקים מן הקו המשוה ומתקרבים אל הצירים, והיתה מדת מעלת הארך על הקו המשוה 111,324 מיטר ובמרחק 45° הצדה, זאת אומרת באמצע המרחק שבין הקו המשוה ובין הציר, תהיה מדת מעלת הארך 78,853 מיטר, ובגלילות הצירים ברוחב 80° תהיה מדת המעלה רק 19,396 מיטר.

מדת היקף האדמה, אשר על הקו המשוה היא 40,007,764 מיטר תתקטן בגליל פַּריז (רוחב 48°, 50′) עד 26,350,500 מיטר. ועל כן נקודה אחת על הקו המשוה התנועע בהיקף האדמה סביב לקוטרה במהירות 464 מיטר בכל זֶקונדה, ובגלילות פַּריז תתנועע נקודה כזאת רק במהירות 305 מיטר לזֶקונדה, ונקודה כזאת על הציר לא תתנועע כלל.

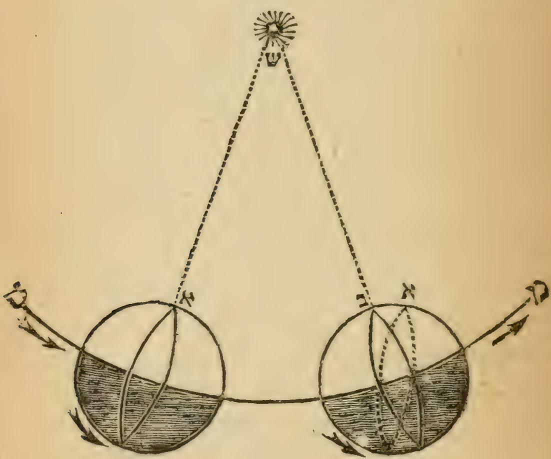
מן הדברים האלה נמצאנו למדים, כי בגלילות פַּריז, כאשר נעתיק מושבנו לצד מזרח מרחק 305 מיטר יהיה לנו הבדל בשעות היום בערך זקונדה אחת, זאת אומרת כי שעת הצהרים או איזו שעה אחרת משעות היום תקדים לבוא כדי רגע אחד מאשר בפריז; ואם נעתיק מושבנו למרחק 610 מיטר יהיה ההבדל 2 זקונדות וכן להלאה.

עד כה למדנו, כי כדור האדמה משלים תקופתו מסביב לקוטרו בזמן כ"ד שעות; ואולם דע לך, הקורא, כי באמת תשלים התקופה הזאת בזמן כ"ג שעות, 56 מינוט, 4 זקונדות, או

בערך 86,164 זקונדות. אך אנחנו נחשב את היום בכ"ד שעות בגלל הוספה אחת, והיא:

במשך הזמן שהארמה משלמת תקופתה סביב לקוטרה היא מעתיקה את מקומה בלכתה במסלולה סביב לשמש, והיה המקום אשר נשקפנו על השמש למשל היום בצהרים לא נוסיף להשקיף משם אל השמש ביום מחר לעת הצהרים, אבל נוכל לראות את השמש בעת ההיא ממקום אחר הרחק מזה.

למען הבינכם את הדבר הזה שימו נא עיניכם על התמונה אשר לנגדכם בציור י"ב.



ציור יב.

שני הכדורים הגדולים יתארו לנו את כדור האדמה בשני מקומות על קשת מסלול מהלכו סביב לשמש. הקשת נסמן בשתי קצותיו באותיות מ — מ. הכדור הנסמן באות ש יתאר לנו את השמש. החצים מורים לנו את הדרך והמסלה לתנועת האדמה כי היא הולכת מימין לשמאל. והנה עינינו רואות, כי הנקודה המסומנת באות א בכדור אשר משמאל, שהיא מצינת לנו את

קו הצהרים למשל היום, תשוב אל מקומה אחרי השלמת תקופת הארמה ביום מחר ותמצא במקום הנסמן באות א על הכדור הימני, ואולם משם לא תהיה השמש נשקפת אל קו הצהרים בדיוק, כי קו הצהרים יעתק מעט לצד שמאל, וכאשר נחפץ להשקיף על השמש מקו הצהרים נצטרך לחכות מעט עד אשר תסוב הארמה עוד מעט על קוטרה והנקודה א תעתיק מקומה עד הנקודה ב.

והנה להשלמת תקופת כדור הארמה בתמונה אשר לפנינו מן הנקודה א אשר בכדור השמאלי עד הנקודה א בכדור הימני יספיק זמן כ"ג שעות, נ"ו מינוט וד' זקונדות, ואולם למען העתק הנקודה א עד המקום הנסמן באות ב צריכים אנו להוספה קטנה של 56 זקונדות, וע"כ יהיה לנו היום התמים מעת לעת כ"ד שעות תמימות.

אנחנו למדנו, כי הארמה מתנועעה מסביב לשמש ומשלמת תקופתה במסלולה במשך שנה תמימה. והנה למען עבור את המסלול הזה הרחוק מן השמש מהלך מאה וארבעים ותשעה מיליון קילומיטר דרוש לכדור ארמתנו זמן שס"ה ימים, שש שעות, תשעה מינוט ותשע זקונדות. התקופת זמן זה תקרא בשם „שנת התוכנים" או „שנת הכוכבים". אולם כמו היום התמים אשר לנו איננו נחשב לפי היקף הארמה על צירה בדיוק, כי אם בהוספה קטנה למען היות כ"ד שעות תמימות, כן גם שנתנו נחשבת אצלינו בימים תמימים במספר שס"ה. עוד לנו לדעת, כי יש עוד תנועה אחת לארמה אשר תקופתה תשלים במשך זמן 25,870 שנה, ולפי התקופה הזאת יתחולל שנוי במדת שנת התוכנים בכל שנה ושנה בערך עשרים מינוט, והיתה אפוא השנה התמימה רק שס"ה ימים, חמש שעות, 48 מינוט, 4 זקונדות. שנה כזאת תקרא בשם „שנת האזרחים". אכן ההוספה בשעות נקבעה גם היא במספר ימים, כי בכל ארבע שנים יוסיפו על השנה יום אחד, והיתה שנת עבור שס"ו יום. ועוד ההוספה איננה מדויקת בגלל הרגעים היתרים, וע"כ יש שנים אשר למרות היותן שנים רביעיות בכ"ז אינן מעוברות, כמו למשל שנת 1900 הקרובה לבוא אף כי תהיה השנה הרביעית לעבור בכל זאת תהיה שנה פשוטה

של שס"ה ימים.

כדור האדמה בתקופתו במסלולו סביב להשמש במרחק 549 מיליון קילומיטר הוא מתנועע במהירות 160,000 קילומיטר לשעה או 29,500 מיטר לזקונדה, ובמהירות כזאת ישלים מהלכו במסלולו, אשר מדת היקפו היא 930 מיליון קילומיטר, במשך 365 יום, שש שעות, 9 מינוט, 9 זקונדות. מהירות התנועה הזאת היא יתרה פי אלף ומאה ממהירות מרוצת מרכבת הקיטור במסע רצים במסלת הברזל ופי שבעים וחמש ממהירות מרוץ הכדור אשר יירה מכלי תותח.

היכול נוכל לשער לנו מהירות נפרזה כזאת, המרובה יותר מפי אלף במהירות מרוצת מסע רצים במסלת הברזל?!

אנחנו לא נרגיש את מהירות התנועה הזאת, יען כי כדור אדמתנו כמו כל הגופים המרחפים ברחבי השמים, מתנועע בלי שאון, בלי חכוך, מבלי התנודד מכל פגישה בגוף זולתו, כי לא יפגוש בדרכו מאומה והוא הולך ומתנועע בחללו של עולם במנוחה שאננה הרבה יותר מתנועת אנית משוט על פני מי נהר שקט וגם יותר מתנועת כדור פורח באויר. באופן כזה מן הנמנע הוא בטבע להרגיש תנועת האדמה. גם אין אנו יכולים לראות את התנועה, יען כי כל הגופים הנמצאים מסביב לנו על פני האדמה הולכים יחד עמנו ונדמו בעינינו כאלו הם נחים ועומדים בלי נוע. גם האויר המקיף אותנו וגם העננים הולכים עמנו יחד, ועל כן יבצר מאתנו להרגיש עד מה מן התנועה הזאת אשר תתנועע האדמה ברחבי התבל. אך ההתבוננות אל הכוכבים בשמים שאינם מתנועעים עמנו יחד וגם תבונת לבנו הן המה האמצעים אשר נשתמש בהם לבאר לנו את האמת ולהאיר עינינו במצבנו ברחבי התבל ומלואה.

למען ראותנו את תנועת האדמה ולהרגיש את מהירת תנועתה היינו צריכים למצא לנו מקום מעמד מחוצה לה בחללו של עולם, לא רחוק מן המסלול אשר תעבור בו אדמתנו בתקופתה מסביב לשמש. אז היינו רואים את כדור אדמתנו ממרחק בתבנית כוכב ההולך ומתגדל במדתו. לאט לאט הולך הכוכב הלוך וקרוב אלינו ותבניתו כתבנית הירח, וגם הוא מוסיף להתגדל מיום ליום עד כי יגדל מאד. אחר כן יקריב לבוא

ויעבור לפנינו בטעוף כעין מסע בזק במסה"ב. אולם עת מעופו לא היתה מספקת לנו להכיר את הכדור ולהתבונן אל חלקי היבשה המתרוממים על מישור הימים הגדולים המכסים את פניו. הכדור היה עובר על פנינו הנדהמים כחץ מקשת ועבר לדרכו הלאה ומדת גדל מראהו היתה הולכת ומעטה לעינינו, וכה היה הולך ומתרחק מאתנו עד העלמו מעינינו ברחבי אין קץ...

כדור הארמה יעוף במהירות יתרה פי 1100 ממהירות מסע רצים במסלת הברזל. נשער נא בנפשנו, כי מסע הרצים ירוץ בדרכו פי 1100 יותר ממרוצת הצב, וכאשר נשלח את הצב לרוץ אחרי מסע הרצים, היוכל לרוץ אחריו? כן יהיה הדבר אם נשלח מסע רצים לרוץ אחרי כדור הארמה.

ובכן דומים אנחנו יושבי האדמה בעינינו כחלקי אבק דק הדבוקים בכדור אשר יירה מכלי תותח באויר.

אם הבינותם קוראים, את כל דברינו אשר הגדנו עד כה על אדות מהירת תנועת האדמה סביב לשמש בתקופת השנה, על ארות סבובה על קוטרה, על אדות היותה גוף נבדל בחללו של עולם, על אדות כדוריותה ועל אדות השתוָתָה והתדמותה לכל שאר צבא השמים הסובבים גם הם את הגוף המרכזי אשר לכלם יחד, הוא השמש, — אם הבינותם את כל זאת, הלא עתה יש לכם מושג נכון וראיתם והרגשתם את כל הנעשה סביבותיכם באמת, וידעתם, כי אדמתנו היא כוכב ככל שאר כוכבי השמים, ואנחנו יושבים על הכוכב הזה כעת כמו שהיינו יכולים לשבת גם על אחד הכוכבים האחרים, על נוגה, מאדים, צדק וכדומה, ודומים אנחנו לאורחים נוסעים באניה גדולה המרחפת בשמים.

הכוכבים ממלאים את חללו של העולם המקיף אותנו, יומם ולילה. ואולם למען ראותנו אותם בעינינו בלי עזרת קני מצפה, נחוץ כי האויר סביבותנו יהיה מכוסה מאור השמש, ועל כן רואים אנו את הכוכבים אך בלילה. אז יתראו לעינינו הכוכבים כמו עולים ממזרח ומתרוממים אל רום הרקיע ואח"כ הם שבים ויורדים מערבה עד שקעם תחת האופק. החזיון הנהדר והרחב הזה, אשר יופיע לעיני בני האדם בשמים בכל

לילה, נתן היכולת בידם לברוא תורת התכונה, להתרומם ולהתעלות במדרגת שלמות הדעת והתבונה, ולהשיג מושג נכון על אדות חקי הטבע השוררים בתבל ומלואה.

לולא הלילה כי עתה לא היינו יכולים לדעת מאומה. אך בחשכת ליל נגלה לעיני בני אדם צבאות אלפי רבבות כוכבים נוצצים בשמי מרום, ובהביטם אליהם ויראו את הליכותיהם ויתפלאו וישאלו לדעת מה המה. בראשונה ראו, כי מצב הכוכבים משתנה חליפות לתקופות השנה ויחשבו, כי המה מחליפים את הזמנים ומשנים את העתים, ויתנו למו כבוד אלהים. אח"כ החלו ללמוד לדעת את פרטי הליכותיהם, ויגלה לעיניהם מספר כוכבי לכת, ויחקרו וידעו כי הכוכבים ההם מתנועעים בלכתם במסלולים, ויודע למו כי גם ארצנו מתנועעה במסלול כמוהם מסביב לשמש. וירחיקו בני האדם ללכת הלאה בדרך תבונות וימדו מרחק אדמתנו מן הירח, מן השמש, מכוכבי הלכת ומן הכוכבים הקבועים; ויוסיפו עוד לצעוד הלאה בחקר ומדע וילמדו בני האדם לדעת את חקי הטבע השוררים ברחבי אין קץ, אשר על פיהם יתהלכו הכוכבים במסלותם, וגם ידעו את מהות חומרם; וכה הלכה חכמת התכונה, מלכת החכמות והמדעים, הלוך והתרחב עד הרימה והעלותה את האדם על גרם מעלות התבונה. וכל זאת באה לנו מאת הלילה. הוא רק הוא גלל את השמים כספר לפנינו, ובלעדו היינו בוערים אין תבונה.

השמים נגולו כספר לעיני בני האדם והם הרהיבו את עיניהם ותתעורר בלבם התשוקה לדעת ולהבין את כל החזיונות המופיעים לנגד עיניהם חליפות, ומבלי יכולת לחדור במבטי העינים אל רחבי אין קץ, עמלו ויגעו וימציאו קני מצפה, קרני חזות, ויבנו בתי מצפה הכוכבים, ויתבוננו משם אל כל חזיון, ויעמיקו בו חקר. אנחנו מבקרים את בתי המצפה והם יעלו אותנו השמימה ובין הכוכבים ישימו קן לנו.

ו.

קני המצפה וקרני החזות.

הזכוכית וסגלתה. תקופת התכונה משנת 1609. תבנית כלי המצפה. במה כח קני המצפה גדול. ההבדל שבין קני המצפה וקרני החזות.

בצדק נתפלא למראה קני הצופים וקרני החזות אשר פקחו לבני אדם עינים חדשות, עינים נוספות על עיני הטבע. אכן עוד ביתר שאת נתפלא על אשר אֵחרה ההמצאה להגלות רק בדורות האחרונים. הזכוכית נודעה לבני אדם זה יותר משלשת אלפי שנה. בקברות המצרים הקדמונים נמצאו על החנוטים בגדים מרוקמים בפניני זכוכית. בשרידי חרבות פומפיא נמצאו כלי זכוכית שהשתמשו בהם כאלף ושמונה מאות שנה לפני ספה"נ. בחרבות העיר נינוה נמצאה זכוכית בעלת שש קרנים אשר שתים עשרה צלעותיה הן גבנונית. על הזכוכית הזאת עברו יותר מארבעת אלף שנה. אריסטופַן, פליניוס, סֶנֶקא ופלוטַרך יספרו על אדות כלי זכוכית שהשתמשו בהם היונים והרומיים הקדמונים. אריסטופן היוני, אשר חי כארבע מאות שנה לפני ספה"נ. כותב באחד מחזיונותיו ההתוליים, כעין עצת חכם לאיש אשר יציקו לו נושיו, למחוק את כל שטרי חובותיו בעזרת בדור זכוכית, אשר יכנס את קרני אור השמש והעמיד את הכדור ממול לוחות שטרי החובות, למען ימס עליהם הדונג אשר בו חרותות האותיות והמספרים, לבל יוכלו לקרא את השטרות. מראות של זכוכית שקערורית, כעין אלה אשר ישתמשו בהן כעת לצרכי קרני חזות, היו עוד בימי ארחימדוס חכם ההנדסה, אשר חי כשלש מאות שנה לפני ספה"נ. פליניוס יספר על אדות כלי זכוכית מלוטשת אשר השתמש בו נירון קיסר רומי להשקיף בעדו על שדה הקטל מרחוק. את המשקפים (בריללען) המציאו במאה השלש עשרה לספה"נ. ואך בשנת 1590 נעשתה קרן החזות

הראשונה במידלבורג ע"י בעל בית מלאכת משקפים (זכריה יַפון) ובשנת 1606 החלו להשתמש בקנה המצפה.

מה מאד תתמהמה השכלת בני האדם בדרכה בלכתה קרימה!

תקופת התכונה בעזרת קני המצפה וקרני החזות החלה משנת 1609. אז בשמוע התוכן גליליוס את דבר המצאת קני המצפה בהולַנד יסד את בית מצפה הכוכבים הראשון באיטליא ויכונן את קנה המצפה אל מול כוכבי השמים. למן העת ההיא החלו להגלות לעיני התוכנים חזיונות חדשים לבקרים, חזיונות אשר לא שערו הקדמונים ולא חלמו אבותיהם, כמו ההרים והגבעות על פני הירח, הבהרות על פני השמש, הירחים המלוים את הכוכב צדק, את תבנית הכוכב נוגה בחסרונו ובמלואו, את הכוכבים הרחוקים, אשר יתארו לנו את נתיב החלב ועוד רבות כאלה. קנה המצפה הראשון אשר עשה גליליוס נמצא עד כה בגנזי בית מדרש המדעים בצרפת. ומימי גאליליוס עד היום הזה הרבתה מלאכת קרני החזות וקני המצפה להשתלם ולהשתכלל, והיא מוסיפה שלמות מיום ליום, וכלי חמדה אלה יקריבו את האדם מדי פעם בפעם יותר ויותר אל גרמי השמים ונותנים לו יכולת להביט ולהתבונן אליהם מקרוב הרבות את הדעת ולהאדיר את ההשכלה.

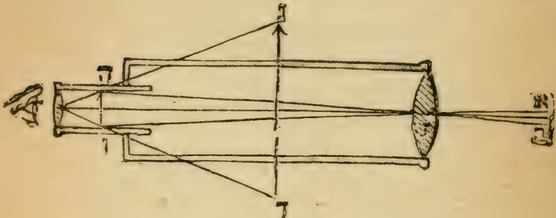
רואה אני את פניך, הקורא, המפיקים רגשי חפץ לדעת במה כח הזכוכית גדול להקריב אל העין את הכוכבים הרחוקים, ואיך יפעלו קני המצפה וקרני החזות את פעולתם. והנה אמנם זאת היא מטרתנו בכתיבת הפרק הזה: להת להקוראים מושג על אדות סגולת קני המצפה ולבאר את פעולתם.

כל איש יודע, כי כל חפץ הנראה לעין, כאשר ירחק מאתנו כן תקטן מדתו בעינינו, ולהפך כאשר יקרב החפץ אלינו כן תגדל מדתו בעינינו. על פי הדברים האלה נבין, כי להקטין מדת איזה חפץ או להרחיקו מן העין אחת היא לנו ותוצאה אחת לשתי הפעולות האלה, כי ערך אחד להנה. וכן גם להגדיל מדת החפץ או להקריבו אל העין אחת היא. כן למשל כאשר נצא השדה ועמדנו במישור רחב וראו עינינו מרחוק נקודה אחת

מתנועעה והולכת, וכאשר תקריב הנקודה אלינו כן היא מתגדלת במדתה ואז נכר ונדע, כי היא נפש אדם. והיה כאשר נבוא חשבון לדעת את המרחק אשר הבדיל בינינו ובין הנקודה ההיא בראשונה ואת המרחק המבדיל בינינו ובין האיש ההוא ברגע הכירנו אותו, ונערוך לעמתו את ההגדל, אשר נראה לעינינו במדת הנקודה, מן הרגע הראשון אשר הופיעה עד אשר הכרנו לדעת מה היא, נוכח לדעת, כי ערך אחד לשתי המדות; וככה יעלה לנו, כי אם התגדלה מדת הנקודה למשל עשרת מונים מאשר בתחלה, הנה נקטן המרחק בינינו גם הוא עשרת מונים, ולוא היה האיש ההוא גדול במדתו עשרת מונים ממדתו הנוכחית, כי עתה הכרנו אותו גם ברגע הראשון בעודנו נמצא במקום הנקודה אשר ראינו בראשונה. והיה אם נוכל למצא תחבולה להרחיב חוג מבטנו עשרת מונים מאשר הוא כעת, אז גם אז יכול נוכל להכיר את האיש ממקום עמדתו בראשונה. ואם יצלח בידינו להרחיב את מבטנו עשרים מונים אז תגדל מדת האיש במקום עמדתו הראשונה פעמים ככה, ואם נוסיף להרחיב מבטנו ארבעים מונים אז תגדל מדת האיש ארבע פעמים מאשר בראשונה, וכן להלאה. עוד משל אחד: הירח רחוק מאתנו מהלך 384,000 קילומיטר. והנה אם נצליח להרחיב מבטנו ונראה מדת גדלו פעמים ככה מאשר נראהו בעת, יחשב לנו כמו שהקרבנו אותו אלינו חצי המרחק, והיה אז מרחקו מאתנו רק 192,000 קילומיטר. ואם נוכל בעזרת קנה המצפה להגדיל מדת הירח פי מאה אז יחשב לנו כאלו הקרבנוהו אלינו עד מרחק 3840 קילומיטר, שהוא אחד אחוז ממאה במרחקו האמתי. ואם נוסיפה להגדילו עד אלף פעמים ידמה לנו כאלו הקרבנוהו אלינו עד מרחק 384 קילומיטר, ואם עד עשרת אלפי מונים נגדילהו יחשב לנו מרחקו מאתנו רק בערך 38 קילומיטר.

אכן לדאבון לבנו גם לקרני החזות וקני המצפה הוצבו גבולות לאמר: עד פה תבואו ולא תוסיפו לכת הלאה, ואין לאל ידנו להגדיל בעזרתם את המוחשים רק עד מדה ידועה. כן למשל ישנו קנה מצפה אחד גדול מאד במדתו והוא עומד בבית מצפה הכוכבים אשר על הר המילטון אצל סון־

פרנציסקו בקליפורנה, שנבנה בשנת 1887; ארך הקנה 15 מיטר, והוא מגדיל את המוחשים כדי אלפים וארבע מאות, בעיר ניצצא נבנה בית מצפה כוכבים ג"כ בשנת 1887 וקנה הצופים אשר בו ארוך 15 מיטר, והוא מגדיל רק כדי אלפים מונים. גם אצל פטרבורג נבנה בשנה ההיא בית מצפה כוכבים, וקנה המצפה אשר בו מגדיל ג"כ רק במדה כזאת.



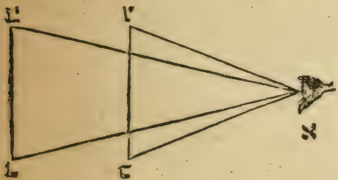
ציור יג.

וזה מעשה קנה המצפה: בקצה קנה ארוך ישימו זכוכית עגולה נבנונית אשר תבנית עדשה לה (אות ז'), סגולת הזכוכית העשויה בתמונה כזאת היא לקבץ הרבה קוי אור אשר יגיעו אליו ולכנס אותם אל נקודת המרכז אשר לה ולשלחם משם והלאה בדרך ישרה בחללו של הקנה. ומקצה הקנה מעבר מזה ישימו עוד זכוכית כזאת קטנה במדתה והיא מכֻונת ממול עיני הצופה, באופן אשר כל קוי האור שהגיעו אל שטח העדשה הגדולה חוזרים אל העין ונדמה כאלו הם באים מן הנקודות ה ו בציור, והחפץ המוחש אשר שלח קויו מנקודות א — ב ידמה לעיני הצופה כאלו נמצא במקום הנקודות ג — ד אשר בציור, ומדתו גדולה בערך גדל מדת מרחק האותיות ג וד ממדת מרחק האותיות א וב.

ולמען הבינכם הקוראים את הסגולה הזאת אשר לזכוכית המגדלת הננו מבארים בזה בקצרה את סגולת חוש הראות ואיך תרגיש העין את מציאות המוחשים.

כל אור או חפץ מואר ישלך אל כל סביבותיו קרנים או קוים, והם הולכים תמיד בדרך ישרה מבלי נטות הצדה. הקוים

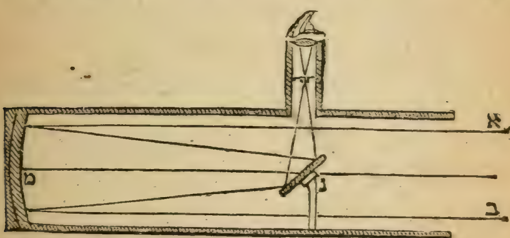
האלה כאשר יבואו אל תוך העין יורגשו ע"י העצבים הפרושים שם כעין רשת, וההרגשה מגיעה אל המוח. והנה ההבדל במדת המרחק או במדת גדל החפץ המוחש יורגש על פי רבות מספר הקוים החודרים אל תוך העין או מעוטם, או יותר נכון ע"פ גדל הזוית אשר תוכל להצטיר ע"י שלש נקודות והן שתי קצות החפץ הנראה והעין. הננו נותנים לכם בזה המונה אחת, אשר תתאר לכם את הדבר הזה.



ציור יד.

הקורא יכיר לדעת בציור אשר לפניו, כי הזוית בא"ג היא רחבה יותר מן הזוית דא"ה, וכי רבים הם קוי האור הנכנסים אל העין מן החפץ הנסמן באותיות ב"ג מן הקוים הבאים אל העין מן החפץ הנסמן באותיות ד"ה. וע"פ ההכרה הזאת יוכל להבין את סגולת קנה המצפה, כי בגלל אשר הוא מקבץ הרבה קוים אל נקודה אחת בעזרת העדשה הגדולה, והקוים ההם כלם נכנסים אל העין, ע"כ עושים שם רושם בעין הצופה כמו לוא באו מן הנקודות ג"ד (ציור י"ג).

עתה נוסיפה לבאר כי יש שני מיני כלי מצפה: האחד יקרא בשם „קנה־מצפה" והוא אשר בארנו בזה, והשני יקרא בשם „קרן־חזות", ותבניתו שונה מעט, וזה מעשהו (ציור ט"ו).



ציור טו.

קוי האור החודרים אל תוך הקנה מן הקצה א"ב מגיעים אל קצה הקנה אשר שם קבועה מראה מלוטשת שקערורית ושבו

הקוים לאחור בנטיה מעטה ובאו עד המקום הנסמן באות נ׳. שם קבועה עוד מראה מלוטשת קטנה, ובבוא אליה הקוים ינטו עוד הפעם ושבו אל הנקודה שבין שתי האותיות ג״ר, ועין הצופה רואה את החפץ המוחש כמו לוא נמצא במקום ההוא. בקנה המצפה יביט הצופה מקצה הקנה האחד וקרני האור חודרות אליו מקצהו השני, ובקרן־החזות יביט הצופה מן הצד.

בימים האחרונים מרבים התוכנים להשתמש בקנה מצפה יותר מאשר בקרן־חזות, ואך באנגליה עוד לא חדלו מהשתמש בקרני־החזות.

הגדולים בקרני־החזות הנודעים עד כה הם: אחד של לַסֶל שהעמד במצפה הכוכבים באנגליה בשנת 1862 ע״י לסל. הוא מגדיל את המוחש כאלפים מונים, והשני הוא במֶלבורן משנת 1870, וגם הוא מגדיל במדה כזאת.

ממציא קרן־החזות בראשונה היה הכהן זוקחיוס בליאון בשנת 1652 ואולם תורה שלמה על ארותיה יצאה בשנת 1663 מאת האַנגלי דזֶמס גריגורי. כעבור עשר שנים תקן התוכן ניוטון קרן־חזות ע״פ שטה אחרת, ואחרי עבור מאה שנה עשה התוכן וילְיַם הֶרשל קרן־חזות חרשה והיא הגרולה בכל קרני החזות אשר היו לפניו. בקרני־החזות כן גם קני־המצפה אשר בבתי מצפה הכוכבים אינם קבועים לבלי התנועע, אבל הם עומרים במכונה המניעה אותם באופן אשר יהיו תמיד מכֻונים אל מול הנקודה הדרושה, זאת אומרת כנגד הכוכב, ואף כי הכוכב יעתיק את מקומו, או הארמה תשמט מתחתיו, בכ״ז לא יחדל הצופה לראותו.

למן העת אשר המציאו קני־המצפה וקרני־החזות, וביחוד במאה הנוכחית, רכשה לה חכמת התכוּנה עשר רב והמדעים הוסיפו שלמות במדה מרובה מאד. אולם יותר ממה שאָנו חיבים להודות לכלי המצפה, הננו אסירי תודה להחכמים הגדולים אשר בעמלם הרב וברחב תבונתם העשירו את אוצר המדע עשר רב, ובהקדישם את חייהם לעֲבודת הקדש, אשר יעבדו חכמי כל דור ודור משנות אלפים, הביאו אותנו לידי הכרה שלמה לדעת את השמים וכל צבאם כיום הזה.

ז.

כל צבא השמש.

קנה מדה למרחק הכוכבים. לוח מפת צבא השמש. מרחק כוכבי הלכת מן השמש וזמן תקופתם. משקל השמש וערך הכח המושך אשר לו. העגולים האֶליפסים ואופן עשיתם בתמונה. סגולת האֶליפסים. חקי קפלר. חק ניוטן. הירחים המלוים את כוכבי הלכת. לוח מסלולי כוכבי הלכת. מדת קוטר כל אחד כוכבי הלכת ומדת גדלו וכבד משאו. מפת כל צבא השמש.

אחרי אשר כבר למד הקורא לדעת בפרקים הקודמים, כי אדמתנו, אשר אנחנו יושבים עליה, היא כוכב לכת הסובב על קוטרו והולך במסלול סביב לשמש; אחרי הצעד הגדול הזה, יכול נוכל ללכת הלאה ולהשיג את גודל המרחקים המבדילים בין העולמות האחרים המרחפים ברחבי אין קץ, ובטרם כל נלמוד לדעת את המקום אשר לקחה לה אדמתנו בצבא השמש, ומה הם החקים אשר על פיהם יסבו צבא השמש ברחבי השמים.

השמש היא שוכנת במרכז צבא כוכבי לכת הנמשכים אליה וסובבים אותה תמיד. כדור אדמתנו הוא השלישי בצבא הכוכבים המקיפים את השמש. בין כדור אדמתנו ובין השמש נמצאים שני עולמות או כוכבי לכת הנקראים בשמות כוכב ונוגה; מאחרי כדור אדמתנו הלאה יסובבו: מאדים, צדק, שבתאי, אורן, נפטון. בעוד מעט נתאר לנו מפת צבא השמש. לקנה המדה למרחק המבדיל בין כוכבי הלכת נקח לנו את הלִיָה, היא מדה ארבע קילומיטר, למען היות המספרים מעטים כדי שלש פעמים מכפי ערכם במדת קילומיטר, ויוכל הקורא להחזיקם בזכרונו.

לוח מפת צבא השמש.

שמות הכוכבים.	מרחקם מן השמש במדת מיליון לייְח.	זמן תקופתם סביב לשמש.
כוכב (מֶרקור)	15	88 יום
נוגה (וֶנוס)	27	225 〃
ארץ	37	$365^1/_4$ 〃
מאדים (מַרס)	56	שנה אחת וגם 322 יום
כוכבי לכת נפוצים (אסטֶרוֹאִידֶן)	מן 70 עד 160	מן 3 עד 7 שנים.
צדק (יופיטר)	192	11 שנה 312 יום
שבתאי (סַטוּרן)	355	29 〃 176 〃
אורַן	710	84 〃 87 〃
נֶפְטוּן	1110	164 〃 281 〃

זה הוא סדר צבא השמש איש איש במסלולו וזמן תקופתו סביב לשמש, ולמען הקל עוד יותר את למוד הלוח הזה הננו מחלקים את צבא השמש לשתי מחלקות ולכל מחלקה יחשבו ארבעה כוכבי לכת, והיו ארבעת הכוכבים של המחלקה הראשונה קטנים במדתם לעמת ארבעת כוכבי המחלקה השניה; אל המחלקה הראשונה יחשבו הקרובים אל השמש, ואל השניה יחשבו הרחוקים מן השמש, והמבדיל בין שתי המחלקות האלה תהיה מערכת הכוכבים הקטנים הנפוצים במסלול רחב בין מאדים וצדק.

השמש שוכנת במרכז המסלולים אשר ילכו בהם כוכבי הלכת האלה ותחשב לנו כגוף עומד בלי נוע לעמת כוכבי הלכת. הכוכב הקרוב אל השמש הוא הנקרא כוכב או כותב (מֶרקוּר) משלים תקופתו סביב לשמש במשך שמונה ושמונים יום, והכוכב הרחוק מן השמש תכלית מרחק ישלים תקופתו בזמן מאה וששים וחמש שנה.

הסבה אשר בגללה יארך זמן התקופה לכוכב הרחוק מן השמש מזמן תקופת הכוכב הקרוב אל השמש היא לא רק בגלל אשר במדת היות הכוכב רחוק מן השמש כן תגדל מדת מסלולו

ועליו ללכת דרך ארוכה עד השלימו תקופתו, כי אם גם בגלל הדבר הזה, כי כאשר ירחיק הכוכב מן השמש כן תמעט מרוצתו במסלולו, כי הכח המושך אשר לשמש, אשר הוא רק הוא הסבה המניעה את הכוכבים במסלוליהם, הכח הזה הולך ורפה במדת המרחק, וכאשר יגדל המרחק כן יקטן הכח המושך. זה הוא אחד היסודות הראשים במכונת השמים.

למען הבין את הקורא את הדבר הזה על בוריו ננסה הפעם לתאר לפנינו את השמש בכל גדלו ועוזו. בטרם כל נשער נא בנפשנו את גודל המרחק המפריד בינינו ובין השמש. היכול נוכל לתאר לנו כמו מהלך שלשים ושבעה מיליון לייֶה? שלשים ושבע פעמים ארבעת מיליון קילומיטר! נניח נא כי הדרך העולה מאתנו אל השמש היא דרך סלולה במסלת ברזל, ומסע רצים ההולך במרוצת ששים קילומיטר לשעה ירוץ במסלה בלי הפוגות ומבלי העצר בדרכו אף רגע, אז ידרש למסע כזה למען הגיעו אל מחוז חפצו זמן 149 מיליון מינוט או 103,472 יום שהם 283 שנים תמימות. דורות רבים היו מתחלפים במשך הזמן הזה, דור הולך ודור בא, ורק הדור הארבעה עשר היה יכול לספר את אשר ראה הדור השביעי.

והנה למען הראות השמש לעינינו בתבניתו אשר אנו רואים אותו עתה למרות מרחקו הרב והעצום הזה נחוץ כי מדת גדלו תהיה רבה ועצומה מאד. וגם אמנם כן הוא, כי מדת קוטרו היא גדולה פי מאה ושמונה ממדת קוטר ארמתנו.

נתאר לפנינו את הכדור הגדול והנורא הזה, אשר קוטרו גדול מאה ושמונה פעם מקוטר ארמתנו תלוי ברחבי העולם על בלימה. לא על נקלה יתאר לו הקורא את המושג הזה. גוף גדול כזה אשר קוטרו הוא 345,000 לייֶה והיקפו עולה יותר ממיליון לייֶה, איך יכול איש למדוד איתו גם במחשבתו? שטח פני כל הכדור ההוא גדול פי שנים עשר אלף משטח פני כדור האדמה. לוא נחפץ לעשות כדור גדול כמהו, כי עתה היו דרושים לנו יותר ממיליון כדורים כארמתנו.

אולם אין דבר עומד בפני החכמה, וחכמי התכונה מדדו וגם מצאו משקל לכדור השמש הגדול, ואנחנו יודעים כעת, כי

משאו כבד פי 324,000 ממשקל כדור ארמתנו; זאת אומרת אם נוכל להניח את השמש בכף מאזנים אחת ובכף השניה כדורים ככדור ארמתנו, כי עתה היינו צריכים שלש מאות ועשרים וארבעת אלפי כדורים כאלה למען השוות את המאזנים. המשקל הזה יערך במספר אלף ושמונה מאות ושבעים ותשעה אָקטיליון קילוגרם או בציוני מספרים אלה:

1879,000,000,000,000,000,000,000,000,000.

אחר ראשי יסודות הטבע הוא הכח המושך. כל גוף מן הגופים הנמצאים בטבע מושך אליו את הגופים מסביב, והכח הזה נערך בכל אחד הגופים לעמת כמות חמרו או כבד משקלו; זאת אומרת, הגוף אשר כמות חומרו גדולה למשל פי שנים מכמות חומר הגוף השני ימשוך אליו את הגוף השני בכח גדול פי שנים מן הכח המושך אשר לגוף ההוא. השמש אשר כבד משקלו הוא פי 324,000 ממשקל הארמה ימשוך אליו את כדור ארמתנו בכח אמיץ פי 324,000 מן הכח אשר להארמה למשוך אליה את השמש. לוא היתה ארמתנו כבדה במשקלה כמו השמש, כי עתה היתה מושכת אליה את הגופים אשר על פניה בכח גדול ועצום מאד עד כי לא היינו יכולים למוש ממקומנו; קילוגרם אחד היה אז כבד במשקלו כמשא 340,000 קילו.

הכח המושך הולך ומתמעט לפי מדת המרחק שבין הגופים על פני השמש אשר ירחקו מן המרכז שבו פי 108 מן המרחק שבין פני הארמה ומרכזה יתמעט הכח המושך בערך מאה ושמונה פעם מאה ושמונה מכפי שהיה לוא יתמעט הכדור הגדול ההוא במדתו עד שישוה למדת כדור ארמתנו, וע"כ ימשכו הגופים על פני השמש אליו בכח אמיץ לא 342,000 פעם כי אם כדי 27 פעם א) יותר מעל פני הארמה, וגם זה כח עצום ונורא.

העצם אשר משקלו על פני הארמה 1 קילוגרם ישקול על פני השמש 27 קילוגרם. משקל גוף אדם בינוני יהיה שם אלפים

א) המספר 27 הוא מנת החלוקה היוצאת לנו בחשבון כאשר נחלק את המספר 342,000 ע"י מספר 11664 שהוא המכפלה מן המספר 108 הנכפל ע"י עצמו.

קילוגרם, ולא רק כי לא היה יכול למוש ממקומו, כי אם גם היה נהדק בכובד משא עצמו כמו לוא יכתש במכתש. כל עצם נופל ממרום על פני השמש יעבור במרוצת נפילתו ברגע הראשון 134 מיטר.

מה גדול כח מושך כזה! משקל השמש בלבדו הוא שבע מאות פעמים יותר ממשקל כל כוכבי הלכת וכוכבי השבט הנמנים גם הם בצבא השמש.

והכח המושך הזה מבריח את כל צבא השמש להתנועע ולהקיף את השמש. למה הדבר דומה ליד אוחזת חבל אשר בקצהו קשורה אבן, והיד מניעה בכחה את האבן אשר בקצה החבל להתנועע ולהקיף בעגול מסביב לה מבלי יכלת להקרע מעל החבל. מהירות מרוצת האבן ההיא תערך לפי כח היד המניעה, וכן גם מרוצת כוכבי הלכת נערכת לפי כמות הכח המושך הספון בחומר השמש. במכון שבתו במרכז מסלולי כוכבי הלכת יהיה לנו השמש כיד אוחזת ותומכת אותם ומניעה אותם להקיף במסלוליהם, וגם לתנור משפיע להם חום, מאור משפיע אור ומקור לא אכזב משפיע חיים ויופי. השמש הוא כמו הלב בגוף העולם הגדול הכולל את כוכבי הלכת וכוכבי השבט, כי רק בו תלויים חייהם ובלעדו לא היו יכולים להתקים; השמש מבריח את כוכבי הלכת לסוב גם על ציריהם המה, הוא משפיע לכל אחד מהם תנועה לפי ערך המרחק המבדיל בינו ובין כל אחד מהם, התנועה נחוצה אשר תספיק להם למען החזיקם תמיד במרחקם במסלוליה לבל ירחיקו משם והלאה ברחבי אין קץ ולבל יקרבו יותר מדי אל השמש לנפול עליו. לוא התגברה תנועת אחד מהם ועברה חק בשווי המשקל כנגד הכח המושך, כי עתה היה הכוכב ההוא הולך ומתרחק מן השמש והלך לו ברחבי אין קץ בהגדילו מדי פעם בפעם את המסלול אשר לו מסביב לשמש, ואם הרפה התנועת אחד מה כי עתה היה הולך ומתקרב במסלולו עדי נפלו על השמש. אולם דבר זה לא יקום ולא יהיה. כוכבי הלכת הם בני השמש, אשר נפרדו מגופו מן הקו המשוה אשר לו ויקרעו מעליו בעודנו במצב ערפל, והתנועה אשר היתה לו השפעה גם עליהם והיא שמורה בהם עד היום הזה ולעולם תעמוד

בהם. חקי הטבע הם סדרי בראשית, לא ישתנו, ואין קץ לכחות הטבע. צבא השמש מן השמש נבראו, והיא תומכת אותם. לוא היה השמש כבד במשקלו פי שנים מאשר הוא כעת, כי עתה היו כוכבי הלכת סובבים במסלוליהם במהירות יתרה פי שנים מתנועתם כעת, ומדת שנתנו התקצרה עד החצי; ולוא היה השמש קל במשקלו מאשר הוא עתה, כי עתה היו כוכבי הלכת מתנועעים בעצלתים ומדת שנתנו היתה ארוכה מאשר היא כעת. הנה כי כן יכלכל השמש את כל הליכות כוכבי הלכת וינהג בהם.

מסלולי היקף כוכבי הלכת סביב לשמש אינם גלגלים עגולים, כי הם מתארכים מעט כתבנית ביצה. לעגולים כאלה יקראו בלשונות העמים אֶליפסים. לאֶליפסים שני מרכזים, ולפי מרחק המרכזים איש מרעהו או ההקרבם איש לאחיו כן יתארך או יתקצר האֶליפסים במדת קוטרו העובר לארכו.

וזה מעשה האֶליפסים: קח לך שני מחטים וחוט אחד וקשרת את שתי קצות החוט אל שני המחטים, ואת קצות המחטים אשר החוט קשור אליהן תשים במקום קבוע לבל יעתקו, כמו למשל בדף השלחן, ורוח תשים בין המחטים באופן אשר לא ימתח החוט הדק היטב רק יהיה כסרח עודף, כתבנית הציור הזה:



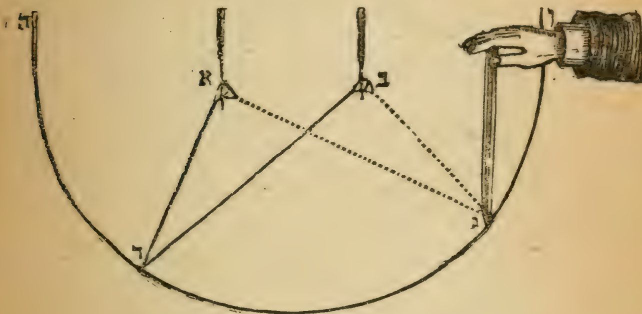
ציור טו.

ולקחת לך עט עופרת ושמת את קצהו בסרח העודף אשר לחוט ומתחת אותו עד אשר יהיה לזוית, וכה תרשום בעט העופרת עגול באופן אשר מכל נקודה ונקודה שבו יתאר החוט זוית, כתבנית אשר אתה מראה בציור אשר לפניך (ציור י"ז):

כאשר יעמוד העט במקום הנסמן באות ג' יתאר החוט האחוז בשלש נקודות זוית אג"ב ובעמדו במקום ד' תהיה לנו זוית אד"ב וכן בכל נקודה ונקודה בעגול הנסמן באותיות ה' ו'.

לעגול כזה, כאשר עיני הקורא רואות יש תמיד שני מרכזים, ויכולים אנחנו לרשום באופן זה עגול ארוך יותר ויותר כאשר נרחיק את שני מרכזיו איש מאחיו, וכן גם יכולים אנו לקרב את

המרכזים עד נפלם איש על אחיו, ואז יהיה האֶליפסים כעגול לכל פרטיו. האֶליפסים אשר למסלולי כוכבי הלכת הם דומים לעגולים רחבים, כי המרכזים אינם רחוקים מאד איש מאחיו.



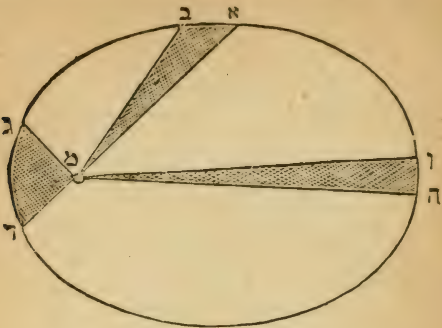
ציור יז.

התוכן קֶפלער אזן וחקר וימצא כללים נכונים לבאר בהם את החקים השוררים בצבא השמש במהלכם במסלוליהם לאמר:

א) כל כוכבי הלכת סובבים במסלולים אֶליפסים, אשר השמש נמצא באחד משני המרכזים אשר למו.

ב) השטח אשר יתלכד בין כל שני חצאי־קוטר, זאת אומרת בין שני קוים יוצאים מאחד מרכזי האֶליפסים אל המסלול, נערך בחשבון ערכין לעמת הזמן הדרוש לכוכב לעבור את הקשת הנלכד בין שני חצאי הקוטר ההם בערך ישר.

והננו מבארים את הכלל הזה בעזרת התמונה אשר לפנינו:



ציור יח.

האֶליפסים הזה יתאר לנו מסלול אחד כוכבי הלכת אשר השמש ימצא במרכזו במקום הנסמן באות מ׳. קשתות העגול המסומנות באותיות א—ב, ג—ד, ה—ו יתארו לנו את המרחקים אשר יעבור בהם הכוכב במשך זמן ידוע, כמו למשל זמן חדש ימים או יותר נכון שלשים יום. מהירות מרוצת הכוכב במסלולו תשתנה לפי מדת המרחק מן השמש אליו. כן למשל בתמונה אשר לפנינו בעת אשר ימצא הכוכב במקום הקשת ה—ו, בתכלית מרחקו מן השמש, אז תהיה מרוצתו מעטה בתכלית המיעוט, ובעת המצאו במקום הקשת ג—ד, בתכלית הקירוב אל השמש, תתמהר מרוצתו בתכלית המהירות, ובקשת א—ב תהיה מרוצתו ממוצעת. אמנם ההבדל הנראה במדת הקשתות לא יורע בהביאנו בחשבון הערכין את מדת השטח האחוז בין שני חצאי הקוטרים לכל אחת הקשתות האלה, והיתה מדת השטח הנסמן באותיות מא״ב שוה למדת השטח מג״ד וגם מה״ו א). הוא אשר נאמר

א) אם נתאר לנו את האֶליפסים אשר לפנינו בתבנית לוח אבן, והשטחים הנסמנים יהיו כעין רצועות קרועות ממנו, וכאשר נשים את הרצועות במאזנים תשוינה יחד ומשקל אחד יהיה להן.

בחק קֶפלער, כי השטח בין שני חצאי־קוטר האֶליפסים נערך בערך ישר לעמת הזמן הדרוש לכוכב הלכת לעבור את הקשת שבין חצאי הקוטר ההם. והיה כאשר נמשוך שני חצאי קוטר באופן אשר כמות השטח בינותם תגדל כפלים או שלש וארבע פעמים מן השטח המתואר בתמונה, אז נמצא קשת אשר למען יעבור הכוכב עליה דרוש לו זמן כפול, משֻלש או מרֻבע מאשר היה דרוש לו לעבור באחת הקשתות המסומנות.

ג) המכפלה היוצאת בחשבון כאשר נכפיל את זמן מרוצת הכוכב סביב לשמש ע"י עצמו שוה אל המעוקב או המכפלה המשלשת מן המרחק אשר בין הכוכב והשמש.

החק הזה הוא הנכבד בשלשת חקי קֶפלער, כי הוא מאחד וכולל יחד את כל צבא השמש.

תנועת הכוכב במסלולו הולכת ומתמעטת במדה שהכוכב רחוק יותר מן השמש, או שקוטר האֶליפסים שלו ארוך במדתו יותר מקוטר מסלול כוכב אחר. למערכת המספרים המסמנים את המרחקים אשר לכל אחד כוכבי הלכת מן השמש יש יחס ודמיון בערכין עם מערכת המספרים אשר יסמנו את הזמן הדרוש לכל אחד ואחד מן הכוכבים להשלים תקופתו במסלולו.

כן למשל יודעים אנחנו כי הכוכב נפטון רחוק מן השמש שלשים פעמים יותר מן האדמה. והנה כאשר נכפיל את המספר 30 ע"י עצמו במכפלה משלשת או נעלה את המספר למעוקב יהיה $(30 \times 30 \times 30) = 27,000$. וכאשר נכפיל את מספר השנים הדרוש לכוכב זה להשלים תקופתו, הוא מספר 165 (לוח מפת צבא השמש, צד 57) ע"י עצמו, יעלה לנו ג"כ מספר 27,000 א). כדבר הזה נמצא במערכת כל צבא השמש ביחס איש לרעהו, בחשבון ערכין במדת המרחק אשר לכל אחד מהם מן השמש. אל שלשת חקי קֶפלער המנויים בזה נוסף עוד חק אחד,

---

א) העלינו בחשבון רק מספר שלם, ואולם אם נבוא לחשבון בצמצום אז נצטרך לקחת מספר בלתי שלם בעד המכפלה, כי זמן תקופת נַפטון גם הוא איננו 165 שנים בצמצום, והמכפלה היוצאת תהיה מדויקת בדיוק נמרץ ומכֻונת אל החשבון לפי הכלל המדובר בחק ג.

בעין מלואים ובאור, והוא חק הכח המושך של כל הגופים.
את החחק הזה למד אותנו התוכן ניוטן אחרי קֶפלר.

החק הזה ילמדנו, כי כח המושך אשר לאיזה גוף נערך לעמת הכח אשר לגוף זולתו בערך ישר עם כמות חמרו (זאת אומרת, כי כאשר ירבה החומר שבו כן יגדל הכח שבו, וכאשר ימעט חמרו כן יקטן כח משיכתו את הגוף השני) ובערך מהופך אל מרובע המרחק המגדיל בינו ובין הגוף השני, זאת אומרת, כי הכח המושך הולך ומתמעט בערך מדת המרחק המכפלת ע"י עצמה, כמו למשל כאשר נרחיק את הגוף השני ממנו פי שנים מבראשונה יקטן הכח פי ארבעה, ואם נרחיקהו פי שלשה יקטן הכח פי תשעה, כי שתי פעמים שתים הן ארבע ושלש פעמים שלש הן תשע, וכדומה.

כאשר נתאר לפנינו במחשבותינו במדה נכונה כפי היכולת את מצב השמש במרכז מסלולי צבא כוכבי הלכת, את גדל השמש לעמתם, את הכח המושך אשר לו למשוך אליו את הכוכבים ההם, איך הוא מחזיק בהם בכחו זה מבלי תת להם להתרחק ממנו, ואת מדת הכח הזה לפי המרחק המבדיל בינו ובין כל אחד מהם ולפי כמות חמרו לעמת כמות החמר אשר לכל אחד מהם, אז רק אז נשיג השגה שלמה על אדות מהלך הכוכבים וסר מלבנו לעולם פחד הילדות על אדות נפילת הארץ התלויה על בלימה. אז נרגיש עצמנו כמרחפים ברקיע השמים, ואז הננו מתעלים ומתרוממים מעל הבערות והסכלות ומסתכלים באספקלריא מאירה ברחבי התבל ומלואה וביפי הבריאה.

התמעט הכח המושך של השמש על הכוכב במדה שירחק הכוכב ממנו, אשר דברנו על אדותיו למעלה, הוא מראה פעלו על מדת המהירות למרוצת הכוכב במסלולו, ובמדה שיקטן הכח המושך בה במדה תמעט גם מהירות מרוצת הכוכב. כן למשל בשעה שאדמתנו תרוץ במסלולה סביב לשמש מהלך 29,500 מיטר בכל זקונדה, ירוץ הכוכב מֶרקור הקרוב אל השמש יותר מאדמתנו מהלך 47,000 מיטר בכל זקונדה, והכוכב נפטון הרחוק הרבה יותר מאדמתנו מן השמש ירוץ במסלולו רק 5000 מיטר לזקונדה.

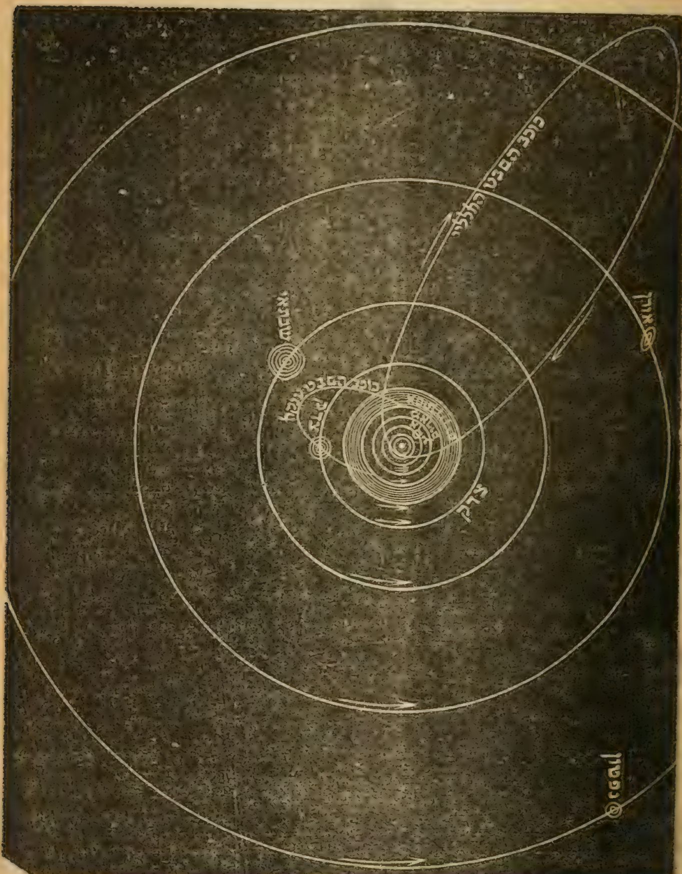
אבן עם כל השנוי וההבדל במהירות המרוץ אשר לכל כוכב וכוכב, עוד תהיה מהירות גדולה למרוץ כל אחד מהם, אשר לו יפגשו שני כוכבים איש ברעהו בדרך מרוצתם, כי עתה היתה התנודה חזקה ועצומה כל כך, עד כי לא רק ששני הגופים היו מתנפצים לשביבים דקים, כי אם עוד יותר מזה היו מתחממים במדה מרובה מאד, בגלל תמורת כח התנועה לחום, ויהפכו החומרים המוצקים לאוירים, ומכל הגופים לא היה נשאר רק ענן ואד!

אל סדר מערכת צבא השמש נוסיפה בזה, כי יש בין כוכבי הלכת כוכבים אשר נלוו אליהם במהלכם אורחים קטנים בתבנית ירחים מלוים אותם בדרכם, והירחים הולכים במסלוליהם סביב להכוכב, כמו שהכוכבים הולכים במסלוליהם המה סביב לשמש. כן למשל יש לארצנו אנו ירח אחד המקיף את כדור הארץ במשך זמן עשרים ושבע יום, לכוכב מאדים יש שני ירחים כאלה, לצדק ארבעה ירחים, לשבתאי שמונה, לאורן ארבעה ולנפטון יש למצער ירח אחד.

הנה כן תהיה לפנינו מערכת צבא השמש אשר נציר לנו בתבנית עגול גדול ורחב מאד, אשר במרכזו שוכן השמש בתבנית כדור גדול ונורא הסובב על קטרו ומשלים תקופתו במשך עשרים וששת ימים; ומסביב לו לעמת הקו המשוה של השמש סובבים הולכים במסלוליהם כוכבי הלכת איש איש במרחק ידוע, והמה הולכים תמיד אל עבר השמש בארח תקופתו סביב לקוטרו הוא, וכל אחד משלים תקופתו בזמן ידוע; והירחים המלוים את כוכבי הלכת מקיפים את הכוכבים במסלוליהם גם המה בנטיה כזאת אל מול היקפם המה. ומלבד כוכבי הלכת ילכו מסביב לשמש במסלולים ארוכים מאד כוכבי שבט, והם סובבים בנטיות שונות בין כוכבי הלכת. ובעת אשר כל צבא השמש סובבים הולכים בתקופתם סביב לשמש הנה השמש בעצמו עם כל צבאו יחד הולך במסלול גדול סביב לאחד הכוכבים הרחוק מאד ואיננו יכולים לראותו כלל מרוב המרחק, ורק ברבות הימים אולי יצליחו הדורות הבאים למצא את מקומו. התקופה אשר לשמש עם כל צבאה יחד היא ארוכה אלפי רבוא שנים עד שאין ביכלתנו גם במשך אלפי דורות למצא מדה וקצבה מדויקת למסלול זה, ורק

זאת נרע, כי אנחנו הולכים הלוך וקרוב אל קבוץ הכוכבים העומדים הנודע בשם הֶרקולס, וכי בקבוץ הכוכבים ההם נמצא אותו הכוכב הגדול אשר השמש הולכת סביב לו.

ציור יט.



והננו נותנים לך, הקורא, לוח מסלולי כוכבי הלכת וירחיהם והיה הלוח הזה לנגד עיניך בכל עת אשר תאבה לתאר לך את השמש וכל צבאה. ולמען היות הפרק הנוכחי שלם והקורא ימצא בו כעין חזות הכל בצבא השמש נערוך בזה רשימה קטנה למדת השמש וכוכבי הלכת אשר לה; ולקנה המדה לקחנו לנו את כדור ארצנו, והיתה לנו מדתו מסומנה בציון מספר 1 ושאר הכוכבים נערכים במדת גדלו בכמה פעמים הם גדולים או קטנים ממנו, ונחל את הרשימה מן הגדול ונכלה אותה בקטן:

שמש,	מדת קוטרו	108,5,	גדלו	1,280,000,	משאו	324,000.
צדק	" "	11,1	"	1,279	"	309
שבתאי	" "	9,3	"	719	"	92
אורן	" "	4,2	"	69	"	14
נפטון	" "	3,8	"	55	"	16
ארץ	" "	1,0	"	1	"	1
נוגה	" "	0,99	"	0,87	"	0,79
מאדים	" "	0,53	"	0,16	"	0,11
כוכב	" "	0,37	"	0,05	"	0,07
ירח	" "	0,27	"	0,02	"	0,01

הלוח הזה יראה לנו, כי במדת הקוטר גדולה השמש מן הארץ פי מאה ושמונה וחצי, והירח קטן במדת הקוטר לעמת קוטר אדמתנו עד $^{27}/_{100}$ או מעט יותר מרביעית; גדל השמש במדתו, זאת אומרת במכפלה היוצאת מארכו ורחבו ועביו או בכל כדוריותו, הוא מיליון ומאתים ושמונים אלף יותר מן הארץ, ומדת הירח היא רק שנים אחוזים למאה או אחד מחמשים ובדיוק נמרץ רק אחד מארבעים ותשעה; השמש כבדה מן הארץ במשקלה כדי שלש מאות ועשרים וארבעה, ומשקל הירח לעמת משקל כדור האדמה הוא רק אחד ממאה. גם נראה בלוח הערוך בזה, כי יש ארבעה כוכבי לכת גדולים וכבדים מן הארץ ושאריתם קלים וקטנים ממנה. ולסיום הפרק הזה הננו מציגים פה

(ציור י"ט) תמונה אחת אשר תתאר לנו בזעיר אנפין את גדל מרת השמש לעמת כוכבי הלכת.



ציור כ.

בתמונה זו תוארו רק ארבעת כוכבי הלכת הגדולים מן הארץ וגם הארץ תוארה בתבנית נקודה אחת קטנה, ולו חפצנו להאר פה גם את שאר כוכבי הלכת הקטנים מן הארץ כי עתה לא תוכל העין לראותם כלל.

ח.

השמש.

טבע השמש וסגולתו, תכונתו ובנינו, מקור החום אשר לשמש. סדר בריאת השמש. כתם על פני השמש ותבניתו. סביב השמש על קוטרו. מראה פני השמש. לפידי השמש ועטרתו. היסודות החימיים אשר לחומר השמש. פעולת בהרות השמש על המגנט אשר לאדמתנו.

אנחנו כבר למדנו לדעת את המאור הגדול לממשלת היום, את מקור שפע החם והאור, אוצר הכח המושך, המאור המנהל את העולמות ומחַיֵם. יודעים אנחנו כי הוא גרם שמים גדול מאד, אשר מדת קוטרו גדולה פי $108^1/_3$ ממדת קוטר הארץ, גדלו 1,280,000 מגדל כדור אדמתנו ומשקל חומרו כבד פי 324,000 ממשקל האדמה. עתה נחקרה לדעת את טבעו וסגולותיו, תכונתו ובנינו.

לפי מראה עינינו נדמה לנו, כי השמש הוא גוף בוער ואש תמיד תוקד בו לא תכבה לעולם. סבת הדבר הזה היא, כי מעטים הם ימי חיינו עלי תבל וימי השמש ימנו במספר אלפי רבבות שנים, ואלף שנים נחשבו לו כיום אתמול כי יעבור. ואולם האח הבוער לעינינו כיום הזה ברקיע השמים גם הוא בן חלוף הנהו, ויש לו תחלה וקץ וצבא ימיו. שאל נשאלה אפוא: מאין נברא האש הגדול הזה ובמה הוא מתקים? לוּא היה חומר השמש פחם בוער בחמצן טהור כמו שתבער גחלת על אח, כי עתה היה יכול לבעור רק ששת אלפי שנה; ולוּא היתה כזאת, כי עתה כבר כבה אשו עוד בטרם יברא האדם על האדמה. כפי הנראה שלש הן הסבות הראשיות לקיום אש התמיד אשר לשמש: א) התכוצות כדורו; ב) נפילת כוכבים נבוכים או אבני־אלגביש על פניו; ג) הרכבת יסודות חימיים והפרדתם שגם הן מחוללות חום ואש. הסבה הכי נכבדה בשלש הסבות האלה היא הראשונה

שבהן — התכוצות הכדור. אנחנו יודעים, כי כל גוף מתנועע אשר יעצר בדרכו בפגשו גוף אחר, כמו למשל אבן נופלת מגבוה ארצה, מוליד חום במדה ידועה, ואחת היא אם יעצר הגוף הנופל פתאם או יעצר לאט לאט, השביתה מן התנועה תוליד מכסת חום בקצב ומדה אחת בשני האופנים האלה. והנה אם נניח, וקרוב הדבר לאמת, כי החום הנמצא כעת בכדור השמש הוא תוצאות התכוצות חומרו הערפלי שהיה בזמן מן הזמנים נפוץ במרחב גדול מאד, וכי קצות כדור השמש במצבו הקדמוני, מצב הערפל, הגיעו הרחק הלאה מעבר למסלול נפטון כעת א), הנה נפילת האטמים מסביב לו בגבולות המרחב הזה ושביתת תנועתם בהגיעם אל כדור השמש בתבניתו כיום הזה, הולידו חום בערך שמונה עשרה מיליון פעמים יותר ממכסת החום היוצא מן השמש אל כל סביבותיו כעת במשך שנה אחת. מן החשבון הזה נמצאנו למדים, כי השמש קימת במצבה הנוכחי לא פחות משמונה עשרה מיליון שנה; ואולם במשך התקופה הזאת היתה גדולה במדתה מאשר הנה כיום הזה ואורה היה שונה מאשר הוא כעת. ואם מעבר מזה נחליט, כי התכוצות הכדור היא הסבה

א) זה סדר בריאת השמש וכל צבאה אשר ילמדונו חכמי הטבע: בראשונה היה מפוזר ומפורד ברחבי אין קץ חומר דק מאד, אשר יקראו לו חומר היולי. החומר המפוזר הזה החל להתכנס בנקודה אחת והחלקים הדקים מן הדקים הנקראים בשם אטמים משכו איש את רעהו לקרבה אליו ולהדבק איש באחיו בכח המושך השורר בכל רחבי העולם. החלקים ההם הלכו הלוך והתכנס עדי הוללם כדור גדול מאד אשר קטרו עלה לרבוא רבבות פרסא. הכח המושך הולך וחזק מדי פעם בפעם, והכדור יתנועע על קוטרו במהירות, ועל פי חקי הדחיפה מן המרכז נקרע מן הכדור האוירי ההוא חלק ממנו בתבנית עגול גדול מסביב. העגול ההוא סובב הולך זכן מה מסביב להכדור ואח"כ הוא נקרע בנקודה אחת וחלקיו נמשכו בכח אל נקודה אחרת, וישם יתכנסו ויהיו לכדור שני, אשר יתנועע על קוטרו בפני עצמו וגם יסוב במסלול מסביב להכדור הגדול. והכדור הגדול מוסיף להתכוץ ולהתכנס ועוד הפעם יקרע ממנו עגול מסביב ונעשה לכדור בפני עצמו באופן הנ"ל, וכן מוסיף והולך עד כי נבראו כדורים רבים מסביב להכדור הראשון הוא המרכזי. הכדור המרכזי ההוא הוא השמש כיום הזה, והכדורים הקטנים אשר נקרעו ממנו ויהיו לגופים בפני עצמם הסובבים זאת הכדור הראשון במסלוליהם, הם כוכבי הלכת.

היחידה והמיוחדת לקיום חום השמש, הנה הכדור בהתכוצו מדי פעם בפעם יותר ויותר יתקטן במדתו ובזמן לא רחוק יותר מחמשת מיליון שנה יקטן הכדור עד חצי מדתו כיום, ויען כי בגלל התכוצות כזאת יתעבה החומר פי שמונה ממדרגת עוביו כיום, על כן יתהפך הכדור בעת ההיא לחומר נוזלי, כמו שיתהפכו אידי הקיטור למים בהתקררם; ואז היה החום הולך ומתמעט במדה כזאת, אשר אחרי עבור זמן עשרת מיליון שנים לא יספיק עוד לצרכי קיום החיים הנמצאים על פני האדמה בתבניתם הנוכחית. ע"פ ההשערה הזאת יהיה צבא ימי השמש מתחלת בריאתו ועד בוא חליפתו רק בערך שלשים מיליון שנה.

אכן אל החום הזה הבא מהתכוצות חומר השמש עלינו לשית נוספות גם תוצאות נפילת אבני־אלגביש וחומרים רבים הנמצאים ברחבי אין קץ, אשר בהתקרבם אל השמש יפלו עליו, והם נהפכים לאש בוער, ומשפיעים שפע חם בלי הפוגות. החום אשר יפיץ השמש אל סביבותיו בכל רגע דומה בערכו אל החום שהיה יוצא משרפת פחם במשקל אחד עשר קוַדריליון ושש מאות אלף מיליַרד טון בפעם אחת!

כדור אדמתנו הקטן המרחף במרחק 149 מיליון קילומיטר מן השמש מקבל משפע החום היוצא מן השמש אל כל סביבותיו רק חלק קטן מאד; כי הנה אם נציר לנו מרחב כדורי, אשר חצי קוטרו יהיה 149 מיליון קילומיטר ותארנו לנו כי השמש שוכן במרכז הכדור הגדול הזה, אז יעלה לנו שטח פני הכדור כדי שני מיליַרד פעמים ממדת שטח פני כדור הארץ, ובכן יקבל כדור אדמתנו משפע חום השמש ואורו רק אחד אחוז משני מיליַרדים! למען תת מושג נאמן על ארות מראה פני השמש עלינו לתאר לפנינו כדור לוהט, אשר אורו חזק אלפי רבבות פעמים יותר מאור החשמל (האיליקטרון) ולהבת אשו עולה מסביב אל גובה מאה, מאתים וגם שליש מאות אלף קילומיטר. ופני הכדור הלוהט הזה אינם מישור כי אם כים יכה גליו. או נתאר לפנינו פני ים אוקינוס אשר שטחו עולה פי 1,280,000 משטח פני האדמה בתבנית ים של אש אשר יכה גלים ויסער ויזעף בלי הפוגות. ראשי הגלים האלה מאירים באור שבעתים מן האור היוצא מבינות

לגלים. כאשר נביט על השמש בקנה־מצפה נראהו בתבנית קבוצת נקודות מאירות הנשקפות על פני שטח כהה, ועינו כעין רשת. הנקודות המאירות הן ראשי הגלים אשר יכה פני הים הזועף, והמקומות שבין הגלים מתראים בתבנית השטח הכהה. רחב כל גל וגל בים של אש זה הוא ממאתים ועד אלפים קילומיטר.

לפעמים לא רחוקות יתראו על פני השמש כעין כתמים כהים מאד מול האור החזק אשר על פני כל שטחו. הכתמים ידמו לעיני הצופה כתהום עמוק, ורוחב הכתם עולה ממיליונים אחדים עד מאות מיליוני קילומיטר. למען תת להקורא מושג על אדות הבנית הכתמים האלה הננו נותנים בזה תמונת כתם אחד (ציור כ׳) אשר ראו התוכנים על פני השמש בירח אָקטובר בשנת 1883.

ציור כא.



הכתם הזה נראה אז גם בלי עזרת קני־מצפה, רוחב הכתם היה שבע פעמים יותר מרוחב פני האדמה ומדת קוטרו היתה 89,000 קילומיטר.

הכתמים על פני השמש יכולים להראות תמיד לכל איש אשר יביט על השמש גם בקנה־מצפה קטן. אכן הצופה הרוצה להתבונן על הכתמים אשר על פני השמש צריך לקחת לו קנה־מצפה אשר הזכוכית שלו הפונה אל צד העין תהיה מושחרת או ממראה תכלת. גם יכולים לראות את הבהרות על פני השמש כאשר נעמיד ממול קנה־המצפה ניר לבן במרחק ידוע באופן אשר תצטיר השמש עליו.

כאשר נתבונן אל אחד הכתמים על פני השמש ימים אחדים בסדרם נוכח עד מהרה לדעת, כי הכתם לא יעמוד על מקומו, אבל הוא נעתק ממקומו מיום ליום, ומדה אחת וקצב אחד למרחק אשר יתרחק הכתם ממקומו הראשון בכל יום ויום, באופן אשר במשך 26 ימים יקיף הכתם במהלכו את כל כדור השמש. ההעתקה המדומה הזאת היא יוצאת לפעלה לרגלי סבוב כדור השמש על קוטרו, המשלים תקופתו אחת לעשרים וששת ימים. כי העתקת הכתמים באה לרגלי סבוב השמש על קוטרו יוכיח לנו בעליל המראה הזה: הכתם הנמצא על פני השמש באמצעו, זאת אומרת על הקו המשוה אשר לשמש, ממהר לרוץ בהעתקו ממקום למקום ממרוצת הכתם הנמצא על פני השמש באחת הקצות משני עברי הקו המשוה, ומדת המהירות הולכת ומתמעטת בערך ידוע לפי מדת מרחקו מן הקו המשוה אל שתי קצותיו. אכן עוד חזיון אחד נראה במהירות העתקת הכתמים והוא הכתם אשר על הקו המשוה ממהר במרוצתו הרבה יותר מכפי הערך הראוי לו לעמת מרוצת הכתמים משני עברי הקו המשוה. כן למשל בשעה שהכתם על הקו המשוה ישלים תקופתו מסביב לשמש בזמן 25 ימים וארבע שעות, הנה הכתם הנמצא במרחק 15 מעלות מן הקו המשוה הצדה יאחר להשלים תקופתו סביב לכדור השמש בזמן 25 ימים ושתים עשרה שעה, הכתם הרחוק 25 מעלות מן הקו המשוה ישלים תקופתו בזמן 26 ימים, הכתם הנמצא במרחק 38° משלים תקופתו בזמן 27 ימים והכתם הרחוק 48° משלים

תקופתו בזמן 28 ימים א). החזיון הזה מוכיח אותנו לדעת, כי השמש איננו גוף מוצק כי אם גוף נוזלי, ובגלל הדבר הזה ממהר החומר שעל הקו המשוה להתנועע מן החומר הנמצא משתי קצותיו, כנודע בחקי המנוחה והתנועה.

בגלל סבוב כדור השמש על קוטרו רואים אנו, כי הבהרת אשר הופיעה על פניו לפאת מזרח הולכת ומתקרבת במשך שבעת הימים הראשונים אל הקו המרכזי, בשבעת ימים שאחריהם תעתיק הבהרת מקומה מן הקו המרכזי והלאה המערבה עד בואה מקץ שבעת הימים אל פאת מערב ואח"כ תתחמק ותעלם מעינינו שבועים ימים, ואם רק לא תמוש מעל פני השמש (אשר יקרה לרוב) והחזיקה מעמד, אז אחרי עבור 14 ימים תשוב להופיע לעינינו על פני השמש מפאת מזרח כבראשונה. אכן בכלל תעמודנה הבהרות רק שבועות מספר, ורק לפעמים רחוקות יש אשר החזיקו מעמד תקופות אחרות אשר הקיפה השמש על קוטרה.

תקופת השמש סביב לקוטרה הנראית לעינינו תמשך זמן שבעה ועשרים יום ושתים עשרה שעה, אף כי באמת היא משלימה תקופתה זאת בזמן ששה ועשרים יום. סבת ההבדל בזמן בין התקופה הנכונה ובין התקופה הנראית לעינינו היא, כי אדמתנו אנו נעתקת ממקומה במהלכה במסלולה סביב לשמש במשך תקופת השמש על קוטרה בערך אחד אחוז מארבעה עשר ממהלכה השנתית, ואנחנו עם אדמתנו רודפים בלכתנו אחרי הבהרות ההולכות על פני השמש במהירות $^1/_{14}$ ממהירות מרוצתן, ועל כן דרושה לנו הוספת שני ימים על התקופה הנכונה למען שוב הבהרת אל המקום אשר תראה לעינינו משם במצב דומה למצבה הראשון אשר ראינוה בפעם הראשונה. ההבדל הזה דומה אל ההבדל שבין זמן תקופת הארץ סביב לקוטרה שהוא 23 שעות וחמשים וארבעה מינוט ובין זמן התקופה הנראית שהוא יום תמים של עשרים וארבע שעות, כמו שבארנו בפרק ה' (ציור

א) התוכנים לא הצליחו לחקור לדעת עד כה את מהירות מרוצת הכתמים המרוחקים מן הקו המשוה יותר מן 48° מעלות. ואולם בל"ס תקטן המהירות הזאת עוד יותר במדת התקרבם אל הצירים.

י"ב). כהבדל הזה יהיה לנו גם בין תקופת הירח סביב לארמה באמת ובין התקופה הנראית לעינינו.

אנחנו אמרנו למעלה, כי מראה פני השמש כמראה ים של אש. והנה נלמוד כעת לדעת, כי על פני ים האש ההוא, אשר יקרא בפי התוכנים בשם ספירת־האור (פֿוטוספֿירא), הוא עצם השמש הנראה לעין בלי עזרת קנה מצפה, חופף מעטה אויר דק העוטה את כדור השמש מסביב עד גובה 10—15 אלף קילומיטר, אשר מראהו ארמדם בהיר, והוא נקרא בשם „מעטה הוד" או „כותרת השמש" ובלשונות הלועזיות „ח ר ו מ ו ס פ י ר א". החרומוספירא על פני השמש היא כעין האטמוספֿירא או מעטה אויר הנשימה על פני האדמה. אכן מעטה האויר הדק העוטה את כדור השמש היא במדרגת חום עצום ונורא ובו יבער תמיד יסוד המים בתוך קיטור ואדים של ברזל, מגניא, נטרון והרבה מיני מתכיות אחרים. מדרגת חום ההרומוספירא היא גבוהה במדה מרובה כזאת, אשר אטמי כל הגופים הנמצאים שם יתפרדו והיו החומרים לאידים וכהנדוף הקיטור ינדופו. החמצו והמימן, שני היסודות אשר מהם הורכבו המים על פני אדמתנו, אינם יכולים להתלכד ולהתחבר שם, כי האטמים דוחפים איש את רעהו בחזקה לבלתי תת להם להתקרב ולהלכד יחדו, ועל"כ הם נמצאים תמיד במצבם האוירי. כמקרה הזה יקרה שם לכל שאר הגופים והיסודות החימים, כי החום הגדול מפריד את האטמים ומרחיקם ומבדילם איש מאחיו.

ומתוך מעטה האויר החם הזה העוטה כשלמה את כדור השמש יוצאים מדי פעם בפעם לפידים כברקים ולשונות אש לוהט סביב לשמש, אשר לבת האש האוכלה היוצאת מפי הרי הגעש על אדמתנו כאין ואפס תחשבנה כנגדם, וככפור הוא לעמת האש הגדול אשר ללפידים ההם. אם היינו יכולים לשפוך בדיל מהותך על פני השמש אז היה נדמה לעינינו כשפוך מים קרים על ברזל לוהט. התוכנים ראו לא אחת ושתים, כי לשונות האש הלוהט אשר עלו ממעטה האויר העוטה את השמש התרוממו במשך רגעי מספר עד מאות אלף קילומיטר, ואח"כ שבו וירדו בתבנית גשם ומטר על פני הים של אש אשר להבתו לא תכבה.

לפידי השמש האלה אינם יכולים להראות לעיני הצופים בקנה המצפה יען כי אור השמש הגדול יעמם אותם, ואולם מצאו חכמי הטבע והתבונה תחבלה לראות את הלפידים בעזרת זכוכית בעלת שלש צלעות אשר יקראוה בשם פריזמא, וסגולתה היא לשבר את קרני האור ולצייר אותו בהפרדת חלקיו וצבעיו השונים בתבנית צבעי הקשת אשר בענן. וכך הם עושים: את הזכוכית בעלת שלש הצלעות ישימו בקנה מצפה ומכוננים את הקנה אל שפת השמש באופן אשר קרני השמש בעצמן לא תוכלנה לחדור אליו, וממול קנה המצפה הזה מקצהו השני יעמידו לוח ניר אשר עליו יצוירו קרני האור העוברות מלפידי השמש דרך הפריזמא, ואז יראו כעין עמודי להבות אש עולים מן השמש אל כל סביבותיו, ולפעמים נראים כעין ענני אש מרחפים במעטה האויר העוטה את כדור השמש. אכן התחבלה הנאמנה לראות את מעטה האויר ואת לפידי השמש היא להביט ולהתבונן אליהם בעת לקוי החמה, אשר אז מכוסה השמש מעינינו ואורו לא יעמם את מראה החרומוספירא והלפידים.

מראה הכתמים והלפידים על פני השמש איננו מראה קבוע אשר יראה לעתים ידועות, למען יוכלו התוכנים לדעת מראש את המועד הנכון אשר יופיעו לעיניהם, אבל הם מתראים בזמנים שונים פתאם כעין פרץ לבת הרי הגעש על פני כדור אדמתנו. יש אשר העבור שנה ועל פני השמש נראים כתמים ולפידים גדולים, כי געש יתגעש השמש ויסערו גליו. ויש אשר תעבורנה שנות מספר והים של אש ינוח מזעפו ולא יראה על פני השמש כל כתם וכל לפיד. אכן ראה זה פלא, אשר מצאו התוכנים, כי בכל תקופת עשתי עשרה שנה יפרץ מראה הכתמים ולפידי השמש בעצם תקפו ובתחלת המחצית השניה לתקופה הזאת יתמעטו הכתמים והלפידים עד תכלית המיעוט. גם הכירו חכמי הטבע לדעת, כי יש יחס ידוע בין פרץ גלי ים האש על פני השמש ובין פעולת המַגניט של האדמה, כי כאשר יפרצו הכתמים והלפידים על השמש יתגבר הכח המגניטי על הארץ ובהתמעטם יתמעט גם הכח הזה.

ביבליותיקה עברית

הוצאת תושיה

מערכת בן-אביגדור

לכל בית בישראל

כ

ק. פלמריון.

השמים

אסטרונומיה פופולרית עם ציורים.

תרגום

מ. ווַעבּער.

ספר שני.

מחיר הספר 30 קאפ׳,
לקונים תמידים מדרגה שניה 17½ קאפ׳,
מדרגה ראשונה 15 קאפ׳ עם משלוח.

ווארשא. תרנ"ט.

בדפוס מ. י. האלטער ושותפו, נאלעווקי 7.

ביבליותיקה עברית
לכל בית בישראל.

מאתים ספרים, בארבע שנים.

כל ספר יכיל בערך 5 באָגען. כל הביבליותיקה — בערך
אלף באָגען (16000 עמודים).

ביסוד הביבליותיקה הזאת עשינו חדשה במקצוע הוצאת ספרים עברים, חדשה שלא היתה עוד כמוה בספרות העברית, חדשה העלולה להביא תקופה חדשה, תקופת חיים ואורה, התקדמות והתפתחות גדולה, בספרותנו העברית.

הביבליותיקה העברית תכיל בקרבה ספרים בכל מקצעות הספרות העברית: ספורים, תמונות וציורים, מחזות ושירים, ספרי מדע כלליים ובחכמת ישראל, ספרי מסע ותולדות אנשי שם — ספרים משופרי דשופרא, מעשי ידי סופרים חכמים מוכשרים לכך, ספרים אשר יעשירו את ספרותנו עשר רב ויתנו לעם מזון רותני מכלכל, מבריא וטוב.

ומחיר מצער מאד קצבנו לביבליותיקה הזאת לקונים תמידים, מחיר מצער ודל שלא היה עוד כמוהו בספרותנו העברית, למען אשר תהיה לדבר השוה לכל נפש, שגם העני שבישראל יוכל לרכוש אותה לאט, לאט, ע"י אמצעים קלים ונוחים מאד.

הקהל העברי קבל את מפעלנו החדש הזה בששון, ובמשך הזמן הקצר מעת שהחלו הספרים לצאת הרבה העם לחתום ידו על הביבליותיקה, ומיום ליום יתוספו קונים תמידים הדשים; אולם בה במדה שירבו עוד מספר הקונים־התמידים את הביבליותיקה, תחוקנה ידינו להוסיף לשכלל את מפעלנו, להגדילו ולהאדירו; ולכן הננו מבקשים את כל חובבי שפתנו וספרותנו בכל אתר ואתר, כי יהיו לנו לעזר בדבר הגדול והטוב הזה, לטובת הספרות וסופריה, וכל אחד באשר הוא שם יואיל להיות מעשה לדבר הזה, לפרסם את מפעלנו בקהל ולרכוש לו נפשות חדשות מכל פנות העם.

עד הנה יצאו הספרים האלו:

א) י. זנגויל: **מחזות הגיטו** (תמונות וציורים): א] שטן מקטרג, ב] לאין מרפא, ג] מחללת השבת (עם תמונתו ותולדתו ערוכה בידי ר. בריינין).
הרגום ש. ל. גארדאן.

ב) חיי אנשי השם: **אריסטו** (חייו, ספריו ושיטתו הפילוסופית, עם תמונתו דמות תבניתו).
מאת י. ח. טביוב.

ג) חיי אנשי השם: **רבנו משה בן מימון** (רמב"ם) (חייו, ספריו ופעולותיו הפילוסופיות והמדעיות, עם תמונתו וחתימת ידו).
מאת ד. ילין.

ד) **שירי פרוג** (עם תמונתו). חלק ראשון: ספר ראשון.
תרגום יעקב קפלן.

ה) הנ"ל. חלק ראשון: ספר שני.
תרגום הנ"ל.

ק. פלַמַריון.

השמים

אסטרונומיה פופולרית עם שלשים ותשעה ציורים.

תרגום

מיכל װעבער.

ספר שני.

הוצאת „תושיה".

װארשא. תרנ"ט.
בדפוס מ. י. האלטער ושותפו, נאלעװקי 7.

ГАШОМАИМЪ

т. е. **Небо.**

Соч. К. Фламмаріона.

Перв. М. ВЕБЕРА.

Книга II.

Изданіе „ТУШІЯ".

ВАРШАВА. 1898.
Типографія М. И. Гальтера и Комп., Налевки 7.

Дозволено Цензурою.
Варшава, 1 Декабря 1898 г.

ט.

הירח.

המאור הקטן לממשלת הלילה. מהות אור הירח. תקיפת הירח, חסרונו ומלואו. לקוי המאורות. מהירות מרוצת הירח. חשבון המולדות. תבנית פני הירח, הריו ועמקיו. סבת דמיונו כפני אדם. מרחק הירח מן הארמה. הירח איננו עטוי מעטה אויר. איך נודע הדבר הזה. בחינה ונסיון. שבירת קרני אור. מראה האדמה על פני הירח. תמונת לקוי חמה שלם. כמות חומר הירח. מדת גדלו לעמת האדמה. הרחבת המושג על אדות המרחק.

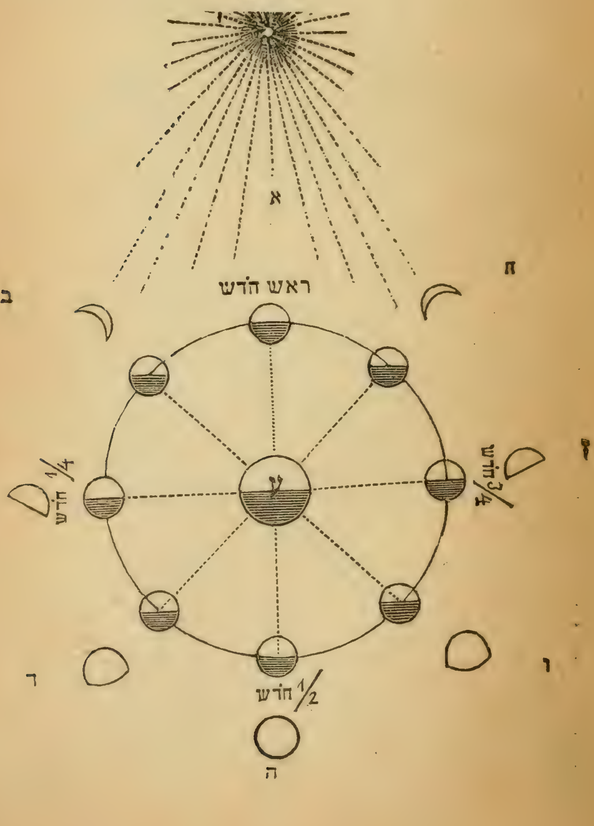
אנחנו למדנו לדעת בפרקים הקודמים, כי אדמתנו היא כוכב לכת הסובב הולך במסלול מסביב למקור האור והחום בכל שנה ושנה, וכי כמו אדמתנו כן גם יסובבו סביב השמש עולמות אחרים. בין השמש והארץ נמצאים שני העולמות כוכב ונוגה, ומעבר האדמה מחוצה למסלולה סובבים הולכים: מאדים, הכוכבים הקטנים — האסטראידים, צדק, שבתאי, אורן ונפטון. והנה לו חפצנו לכתוב על אדות העולמות האלה לפי הסדר, כי עתה היה נטל עלינו להתחיל כעת פרק זה מן הכוכב הסמוך להשמש הוא מערקור ולסיים בנפטון. ואולם אנחנו החלונו בראשונה את ספרנו מן האדמה בגלל אשר היא מקום מושבנו וממנה נביט אל כל סביבותינו על התבל ומלואה, וגם בגלל אשר האדמה קרובה אל לבנו יותר משאר העולמות המרחפים ברחבי אין קץ. והנה בשים לב אל הדבר הזה מוצאים אנחנו לנכון להחל גם פרקנו זה מן הירח הקרוב אלינו יותר מכל שאר הכוכבים, והוא נותן לנו יכולת לראות חזיונות נכבדים בתכונת השמים בעת לקוי השמש על ידו. הוא יתן לנו אותות למועדים, הוא ירים את מישור מי הימים והיה לסבה לירידת המים ועלותם על חפי הים, ועוד כמו אלה.

הירח בפני עצמו איננו נכבד הערך בצבא השמים, כי הוא רק אורח נלוה אל האדמה. למאדים יש שני אורחים כאלה, לצדק — ארבעה. וכן גם לשאר העולמות.

הירח המלוה את אדמתנו מאיר לנו את הלילה ויחשב לנו למאור קטן לממשלת הלילה. אכן אור הירח איננו אור עצמו, כי הירח הוא חומר חשוך כמו אדמתנו אנו, ואך האור החוזר מקרני השמש המאירות אותו, הוא המאיר לנו את הלילה באור כהה. את הדבר הזה, כי אין לירח אור עצמו רק אור השמש חוזר ממנו ומאיר לנו, כבר הכירו בני האדם לדעת עוד בימי קדם, בראותם, כי עגול הירח משתנה בתבניתו לפרקים ידועים ואורו הולך וחסר וחוזר ומתמלא מדי חדש בחדשו מדי השלימו תקופתו סביב לאדמה. הירח מקיף את כדור אדמתנו בכל חדש ימים כמו שאדמתנו מקיפה במסלולה סביב לשמש בכל שנה. הוא סובב הולך במסלולו סביב האדמה ושואף תמיד אל עבר פני המסלול אשר בו תקיף האדמה את השמש, זאת אומרת ממזרח למערב. יש אשר יבוא הירח בין האדמה והשמש והעיב לנו את אור השמש והיה לנו לקוי השמש, ויש אשר הוא נמצא מעבר השני והארץ עומדת בינו ובין השמש ואז יכסה צל האדמה את הירח והיה לנו לקוי הלבנה. יש אשר יכסה צל אדמתנו את הירח כלו והיה לקוי שלם, ויש אשר יכסה הצל רק מקצת הירח והיה לקוי בלתי שלם או לקוי חלק הירח. השתנות תבנית עגול הירח בחסרונו ומלואו באה לרגלי שנוי מצבו לעינינו לעמת השמש. כי הנה הירח גם הוא כמו אדמתנו מואר תמיד על ידי השמש רק מצדו האחד הפונה אל השמש כמובן, ואולם לא תמיד נוכל אנחנו לראות את הצד המואר, כי כאשר יתיצב הירח במצב כזה אשר פניו המוארים פונים הצדה אל מול השמש נראה אנחנו חציו מואר וחציו חשוך, וכאשר יעתיק הירח את מקומו הלאה מן השמש והתראה לעינינו מן הצד המואר ואז נראהו במלואו, וכאשר יעתיק משם ללכת הלאה במסלולו ושב להראות לעינינו מן הצד, ואז נראהו שנית חציו מואר וחציו חשוך ורק בהפך מן התמונה הראשונה, כי החצי שהיה מואר בראשונה יהיה עתה חשוך, והחצי החשוך בראשונה יהיה עתה מואר, וכאשר יוסיף הירח

להעתיק מקומו ובא אל עבר פני אדמתנו ממול השמש, אז נראה אנחנו רק את חציו החשוך או יתכסה כלה מעינינו, עד ישובו להעתיק מקומו הצדה וישוב להתיצב לעינינו באופן אשר נראה מקצת פניו המוארים וכן חוזר חלילה. למען באר את הדבר הזה אל נכון הננו נותנים בזה תמונה אחת (ציור כב) אשר תראה לנו את תבנית הירח בחסרונו ובמלואו בשמונה חלקי החדש.

ציור כב.



הכוכב עם הקוים סביבו, המצויר בראש התמונה למעלה מתאר לנו את השמש השולח קוי אורו אל כל סביבותיו, הכדור העומד בתוך העגול פנימה ומסומן באות ע, מתאר לנו את מצב האדמה לעמת השמש, חציו מואר באור השמש וחציו מכוסה צללי חשך; הכדורים הקטנים אשר סביבו יתארו לנו את מצב הירח בשמונה פרקים בחדש, והציונים אשר על יד כל אחד הכדורים האלה מחוץ לעגול יתארו לנו את הבנית הירח כמו שהוא נראה לעינינו ברקיע השמים בשמונה חלקי החדש. והנה יתאר נא לו הקורא כי בקץ כל חדש עומד הירח לעמת השמש במקום הנסמן על התמונה באות א אז יהיה חציו המואר פונה למעלה אל מול השמש וחציו החשוך פונה אל האדמה, ועל כן לא נראהו כלל, אחרי עבור זמן מה יעתיק הירח מקומו בלכתו השמאלה ואז נראה את קצהו המואר בתבנית מגל דק ושתי קצותיו פונה לצד שמאל כמו שנראה בתמונה תחת ציון ב; בהגיע הירח על המקום הנסמן באות ג נראה את חציו המואר ואז יהיה לנו רביע החדש, בבוא הירח עד המקום הנסמן באות ד נראה רובו מואר והוא קרוב למלואו, ובבואו עד המקום הנסמן באות ה יופיע אל מול פנינו במלואו, כי אז יפנה אלינו בכל פניו המוארים מקרני אור השמש, והיה לנו חצי החדש אח"כ ישוב הירח להתמעט ואורו יחל להתכסות מצדו הימני, ובהגיעו עד המקום הנסמן באות ו יחסר קצהו, ובבואו אל המקום הנסמן באות ז יחסר חציו הימני והיה לנו שלשה רבעי החדש, וכה ילך ויתמעט אורו עד אשר נראה ממנו אפס קצהו כתבנית מגל אשר שתי קצותיו פונים לצד שמאל כמו שיתאר ציון ח, וכן חוזר חלילה.

בעת אשר מזג האויר צח והשמים טהורים ובהירים יכולים על נקלה לראות גם את חצי הירח שאין קרני אור השמש מאירות עליו, ובכ"ז הוא נראה ומורגש באורו הכהה הפרוש עליו ואשר עינו כעין האפר. האור האמוץ והכהה הזה בא אל הירח מקוי אור השמש החוזרים מן הארץ אליו.

המסלול אשר יקיף בו הירח סביב האדמה הוא עליפסים בלתי ארוך אשר מדת היקפו הוא כשני מיליון וארבע מאות

אלף קילומיטר ומדת חצי קטרו היא 384,000 קילומיטר, והיתה אפוא מרחק הירח מן הארמה שלש מאות ושמונים וארבעת אלפי קילומיטר.

הירח משלים תקופתו במסלולו בזמן שבעה ועשרים יום שש שעות, ארבעים ושלשה רגעים ואחד עשר משנים (זקונדען), והיתה אפוא מהירות מרוצת הירח במסלולו יותר מקילומיטר לזקונדע.

זמן התקופה הזאת היא זמן תקופת מהלך הירח במסלולו באמת, ולוא היתה ארמתנו עומדת על מקומה תמיד בלי נוע, כי עתה היה לנו גם זמן החדש כזמן התקופה הזאת, ואולם בגלל אשר ארמתנו הולכת גם היא ע"כ כאשר יבוא קץ תקופת הירח במסלולו באמת עוד לא יגיע תשלום תקופת החדש לעינינו, כי בין כה וכה ישתנה מצבו לעמת ארמתנו ולעמת השמש ממקום מבטי עינינו עליהם, ודרוש לנו עוד זמן שני ימים ויותר עד שוב הירח להראות לעינינו לעמת השמש במצב כזה אשר ראינו אותו בתחלת החדש, וע"כ יחשב לנו חדש ימים בהוספת הזמן הזה על זמן התקופה באמת, והיה לנו כל חדש ימים זמן תשעה ועשרים יום ושתים עשרה שעה וארבעים וארבעה רגעים ושלשה משנים.

הירח בלכתו במסלולו סביב ארמתנו הוא סובב גם על קטרו, ואולם את תקופתו זאת סביב לקטרו הוא משלים בעת ובעונה אחת עם תשלום זמן תקופתו סביב הארמה וע"כ הוא פונה תמיד אל מול הארמה בצדו האחד ולא נראה לעינינו מצדו השני.

בהשקפה הראשונה אשר ישקיף האדם על פני הירח בעת שהשמים בהירים, יופיע לעינינו החזיון הנפלא בדמות הירח לתבנית צורת פני אדם. חכמת התכונה בימי קדם החלה מהתבוננות האדם אל הירח. אלפי שנים עברו על בני הדורות הראשונים בהביטם על פני הירח בטרם יוכחו לדעת, כי הבהרות הנראות עליו אינן בהרות עננים השוכנים עליו, ורק הן בהרות קבועות וקימות אשר לא תעבורנה, והן באות ממראה קרקע הירח בגבעותיה ועמקיה. צורת הירח אשר חקקו התוכנים

הראשונים בשנים קדמוניות היתה צורת פני אדם, וסבת הדבר היא, כי הבהרות אשר על פני הירח מכונות במצבן להיותן מתוארות בתבנית שתי עינים, חוטם ופה, אולם הדמיון וההשתות שבין צורת אדם ובין תבנית פני הירח יעברו ויבטלו כאשר נביט על הירח בקנה מצפה, ואז נראה את מפת קרקע הירח בעמקיה וגבעותיה כתבנית הציור אשר לפנינו (ציור כ"ג).



ציור כג.

בני האדם בכלל לא ישערו בנפשם, כי גם פני האדמה כאשר נביט עליה מרחוק ידמו לנו כמאור הירח במלואו, ובאמת כן הוא. כי הנה קרקע הירח דומה לכל פרטיה לקרקע אדמתנו אנו, והיה אפוא אור הירח המואר בקוי השמש כאור האדמה אשר תזרח עליה השמש. יואל נא הקורא להתבונן ביום בהיר בשחקים אל קיר אמוץ לעת אשר השמש שולח עליו קוי אורו,

וראה וידע, כי הקיר האמוץ מאיר גם הוא כאור הירח וברק נוגה הקיר עוד חזק מנוגה הירח. נוגה המאור הקטן לממשלת הלילה יגדל בעינינו רק בגלל אשר אנהנו רואים את פני כל השטח הרחב בתבנית עגול קטן, ומבטי עינינו יקבלו שפע אור חוזר במדה מרובה בפעם אחת, ואולם כאשר יתרחב עגול הירח לעיני הצופה עליו בקנה מצפה ותגדל מדתו אלפי מונים, אז יקטן אורו מאד, וברק נוגה העננים אשר תזרח השמש עליהם חזק הרבה יותר מברק נוגה הירח. ואם נבוא בחדר אפל ופתחנו חור קטן אשר יחדרו אליו קוי אור השמש, והקוים האלה יפלו באורח ישר על אבנים אשר באחת פנות החדר, אז תשלחנה האבנים קוי אורן החוזר וברק הנוגה אשר להן ידמה לנו לברק נוגה הירח. כחזיון הזה נראה גם בהביטנו בקנה מצפה על יפה נוף בנאות שדה וכפר לעת אשר תשלח השמש נוגה זרחה עליו.

הירח איננו לבן כי אם אמוץ־צהוב. אולם אנחנו נראהו בצבע לבן בגלל אשר צבע השמים סביבו הוא מראה תכלת. מן הבחינות והנסיונות המיוחדים אשר עשה כותב הטורים האלה בשנות 1874/5 נוכח לדעת, כי צבע הירח הוא צבע נחשת צהובה. צבע הירח לא רק שאיננו לבן משלג אבל הוא כהה מחול וכמעט דומה הוא למראה סלע אמוצה ומנופצה אשר פניה אינם חלקים. אכן פני הירח אינם שוים בכל שטח עָגולו, אבל יש מקומות כהים יותר, הם עמקים גדולים, ויש מקומות בהירים ביתר שאת, הם ראשי הרים גבוהים אשר תבנית פיות הרי געש להם.

בכל צבא השמים אין לנו שכן קרוב אל אדמתנו כמו הירח המחובר עמנו והמתיחס לנו ביחס קרבת משפחה וקשור עמנו בקשר אמיץ. כי אמנם במה יחשב מרחק 96,000 ליא המבדיל בינינו ובין הירח? ברחבי אין קץ כמר מדלי הוא ובמרחב צבא השמש הוא רק צעד קטן.

לוא היה בין הירח והאדמה חוט של תלגרף כי עתה הגיעה תלגרמה מאיש לאחיו בזמן זקונדע אחת וחצי; כדור מכלי תותח היה יכול להגיע מן האדמה אל הירח בזמן תשעה ימים; מסע רצים במסלת ברזל היה יכול לעבור את כל הדרך הזה במשך

שמונה ירחים ועשרים וששה ימים. המרחק הזה הוא אך אחד אחוז משלש מאות ושמונים וחמשה במרחק האדמה מן השמש ואך אחד אחוז ממאה מליון במרחק המבדיל בינינו ובין אחד הכוכבים העומדים הקרוב אלינו! ואולם לעמת צעדי בני אדם יגדל גם המרחק הקטן הזה הרבה מאד, כי אמנם הנמצאו רבים בקרבנו אשר עברו מהלך כזה בימי חייהם? לו יכלנו לחבר את הירח עם אדמתנו בגשר, כי עתה היינו צריכים לסדר מערכת שלשים כדורים ככדורי ארצנו איש אצל אחיו והיה לנו גשר שלם.

ובגלל היות הירח קרוב אלינו מאד הוא נודע לנו יותר מכל שאר גרמי השמים, והתוכנים הצליחו להתבונן אל כל פרטי הבניתו ונהירין להם שבילי הירח וגלילותיו כשבילי אדמתנו וגלילותיה, ומפת גלילות הירח ערוכה לכל פרטיה בידי התוכנים זה כמאתים שנה.

מה יפו ומה נהדרו ההרים הנראים על פני הירח בעזרת קרני המחזות, וביחוד אלה הנמצאים על שטח הרבע הראשון בעת שהשמש מאיר עליהם בשפועם הימני וצלם פרוש על פני העמקים והמישור מעברם השמאלי. על פני כל כדור הירח יראו מלבד ההרים הרמים והנשאים המון עגולים נפוצים, גדולים וקטנים, דקים ועבים, תבנית העגולים ההם, אשר לרגלי שפוע הכדור הם נראים כעין עליפסים, נפלאה מאד, וכאשר ראום התוכנים בפעם הראשונה בשנות המאה הי"ז, אחרי המצאת קרני ההזות הראשונות, לא האמינו למראה עיניהם, ויחשבו לנכון כי לא יד הטבע עשתם ורק הם בנינים גדולים וקטנים שנבנו בידי ברואים בעלי תבונה ודעת השוכנים על הירח. גם התוכן הגדול קעפלער האמין בהשערה זו, מבלי העלות על לב את גדל מדת העגולים כי רבה היא מאד מהיות מדת בנינים עשוים בידי ברואים.

כל ההרים הנמצאים על הירח הם ריקים וערומים מכל צמח ותבניתם כתבנית סלעי מגור. וראשיהם מלמעלה אינם חלקים או מוצקים כי אם חלולים ומנוקבים ופיותיהם דומים לפיות הרי געש, וזה א"ת כי בזמן מן הזמנים היו מוריקים לבתי אש. התוכנים מדדו את גובה ההרים הרמים על פני הירח וימצאו מדתם עד שבעת

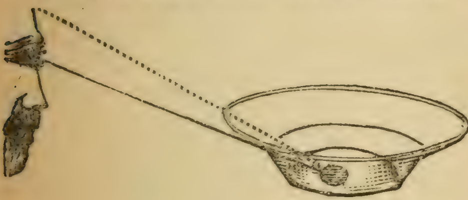
אלפי מיטר ויותר, ובדעתנו את ערך גדל כדור הירח לעמת גדל כדור אדמתנו ובשימנו אל לב, כי ההרים הרמים והנשאים אשר על פני אדמתנו אנו לא יעלו בגבהם רק עד לערך שמונת אלפים ושמונה מאות מיטר, שהוא בערך 1/1440 ממדת קוטר כדור האדמה, נמצא כי להירח הרים רמים ונשאים הרבה יותר מאשר לארמתנו, כי גובה אחד ההרים על הירח עולה לערך שבעת אלפים ושבע מאות מיטר שהוא בערך 1/470 ממדת קוטר כדור הירח.

הירח איננו עטוף במעטפת אויר ככדור אדמתנו, או למצער יכול להיות כי מעטפת האויר דקה מאד והיא מכסה רק את פני העמקים ועל כן לא נודעו לנו עקבותיה על פני שטח הכדור המלא הרים גבנונים רבים. שם על פני הירח לא יראו עננים, לא ירד גשם, לא תתחוללנה סופות וסערות, והשמים תמיד טהורים, ואולם לא מראה תכלת להשמים הנראים על פני הירח כי אם שחורים הם תמיד, והכוכבים הנוצצים ברקיע נראים גם ביום כמו בלילה, כי האויר לא יכסם.

נשער נא בנפשנו כי עזבנו את מקום שבתנו על האדמה ונעתיקה מזה להנשא על כנפי רוח ונעלה ונבוא ונגיע אל הירח וישבנו עליו. והנה אנחנו באים שמה לעת אשר צללי החשך פרושים עליו ויהי לילה. גם נשער נא בדמיוננו כי אנחנו באנו אל הירח באשמורה האחרונה ובעוד מעט יזרח השמש והיה בקר. מדת היום והלילה על פני הירח תגדל שלשים מונים ממדת היום והלילה על פני אדמתנו אנו, כי חדש ימים דרוש לתשלום הקיפת הירח על קוטרו למען תאיר אותו השמש מכל עבריו לאט לאט. מן הבקר ועד הערב על פני הירח תעבורנה שלש מאות וחמשים וארבע שעות היום שלנו. כבואנו שמה מקץ האשמורה האחרונה בלילה לא נרגיש קרבת היום הבא, ולא תשלח השמש קרני אור כהיות לפניה לבשר את בואה להופיע באור יקרות, ולא יהיה לנו ברק השחר ממזרח, כשחר הפרוש על אדמתנו בכל מוצאי בקר, ורק פתאם תופיענה קרני השמש בברק נגהו ובעזוז תקפו, והן מאירות על ראשי ההרים בעת אשר בעמק מתחת להר עוד ימש חשך. סבת הדבר היא, כי אין שם מעטה אויר אשר

ישבור קרני האור להטותן למטה א). לאט לאט יעלה שם השמש על השמים השחורים שאין להם חוג אופק עגול כחוג השמים אשר

א) למען אשר יבין הקורא את הדבר הזה על בוריו, הנני מוצא לנכון לבאר בזה חזיון אחד בסגולת שבירת קרני האור, ואבחר בבחינה ונסיון אשר יוכל כל קורא לעשות לו בביתו, והוא: קח לך קערה עמוקה וריקה והצבת על·השלחן לפניך, ושמת בה מטבע, ואתה שב לך מנגד וכוננת מבטי עיניך אל הקערה באופן אשר לא תוכל לראות את המטבע אשר בתוכה, כי דופני הקערה יכסוה מעיניך, כמו שאתה רואה בתמונה אשר לפניך (ציור כד).



ציור כד.

ובשבתך ככה מבלי העתק מקומך, צוה על אחד מעושי רצונך לצקת מים אל תוך הקערה, ואז תראה, כי המטבע, אשר נעלמה עד כה מעיניך, תופיע אליך מקרקע הקערה, ואך ירמה לך, כי נעתקה מעט ממקומה בתוך הקערה, כמו שאתה רואה בתמונה (בציור כה).

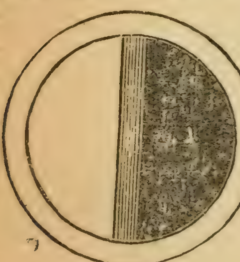


ציור כה.

סבת החזיון יבואר ככה: קרן אור היוצאת מכל מוחש תלך תמיד דרך ישרה מבלי נטות ימין ושמאל אף כחוט השערה, וע"כ בעת היות הקערה ריקה לא יכולת לראות את המטבע בקרקע הקערה, אחרי אשר קרן האור היוצאת ממנה בדרך ישרה מכונת אל עיניך, איננה יכולה לחדור דרך דופני הקערה, וקרן האור ההולכת מן המטבע בדרך ישרה מעל מישור דופני הכלי, לא תגיע לעיניך כי אם תלך לה הרחק ממול העין למעלה. אולם כאשר תעבור קרן אור מגוף דק אל גוף עב כמו למשל מן מקום ריק אל מקום מלא אויר, או מן האויר אל המים, וגם להפך כאשר תעבור מגוף עב אל גוף דק ממנו, אז היא משרכת דרכה ומשתברת באמצע ונטתה הצדה, וע"כ כאשר מלאו את הקערה מים וקרן האור אשר עלתה מן המטבע למעלה, בהגיעה עד קצה מישור המים ועברה אל תוך האויר, שהוא

לנו, שהוא גם הוא בא לנו מסבת מעטה האויר העוטה את הארדמה. ומעת החל השמש לעלות עד אשר תראה כלה לעיני יושב הירח ידרש זמן כשעה תמימה, בגלל אשר סבוב הירח על קוטרו הוא במתינות יתרה פי עשרים ושבעה מסבוב אדמתנו על קוטרה, ולנו יושבי האדמה יעבור זמן שני מינוטין ורביע מרגע החל השמש לעלות על האופק עד הופיעו כלו לעינינו, והיה השעה ההיא ליושב הירח כעין השחר אשר לנו, ורק בזאת יבדל השחר ההוא, כי האור הפרוש על השחר איננו כהה. פני השמש

גוף דק ממים, השתברה ותשרך דרכה הנדה, באופן שהיא מגעת אל עינך, ואולם יען כי העין רגילה לראות תמיד רק את המוחש העומד ישר ממולה, ע"כ נדמה לך כי המטבע העתיקה מקומה בקרקע הקערה, באופן שקרן האור באה לעיניך בארח ישר. ויכולים אנחנו לשער בנפשנו, כי הזיון כזה היה נראה לנו לוא יהיה הדבר להפך, זאת אומרת כי תחת כסות את המטבע במים תכוסה עיננו במים והמטבע תשאר על מקומה, גם אז תשברנה קרני האור ככה. והנה כחזיון הזה נראה גם בכל שחר וערב, כי קרני אור השמש בעברו ממקום ריק מאויר ומגיעות אל שדרות האור העליון, בעת שהשמש נמצאת עוד מתחת לאופק הן משתברות ומשרכות דרכן למטה והודרות אלינו, והיה לנו אז אור כהה, ואם היינו יכולים להתרומם על האדמה בשעות השחר או הערב ולהתרחק ממנה מרחק רב כמרחק הירח, והיינו מביטים עליה בעת ההיא, כי עתה היינו רואים את חציה מואר וחציה השוך, ובין שני החצאין על הגבול המפריד בין האור והחשך היינו רואים כעין פס רחב שאיננו חשוך ואך אורו כזה מעט, כמו שיצויר בתמונה אשר לפניך (ציור כו).



ציור כו.

הפס הרחב על גבול שני חצאי הכדור יהיה המקום אשר קרני השמש השבורות תאירנה אותו, וכמובן מאליו אין האור חזק שם כמו על החצי המואר אשר שמה תגיענה קרנים מיד השמש באורח ישרה. ועתה נקל להבין, כי לוא היה הירח עטוף במעטה אויר גם הוא כמו אדמתנו, כי עתה היינו רואים תמיד על גבול האור אשר על פניו פס כהה כזה, ויען כי אין אנו רואים אותו, ע"כ יש לנו לשער, כי אין שם מעטה אויר כלל או למצער מעטה דק מאד אשר לא יורגש כלל.

הנשקפים על הירח הם נראים עם כל נוגה מעטה האור והכותרת אשר עליו מסביב וגם הלפידים העולים ממנו, ועם השמש יראו גם הכוכבים הנוצצים בשמים מסביב, כי אין אויר מפריע בעד אורם.

ולרגלי חסרון מעטה אויר על כדור הירח יהיה שם קור גדול כעין שאנו רואים אצלנו על ההרים הרמים והנשאים אשר קרח עולמים יכסה את ראשיהם, יען כי סגולת האויר הוא לצבור ולאסוף אל תוכו חום רב ולהחזיקו ולעצור בו זמן מה, ועל כן במקום מעוט האויר על ראשי ההרים הרמים לא יעצר החום במדה דרושה להמס את השלג והקרח. ומה גם על פני הירח שאין שם כל אויר, שם יגדל הקור שבעתים ככה. ולא רק בלילות הארוכים 30 פעמים מלילותינו אנו ישרור קור גדול על הירח, כי אם גם ביום יורגש שם קור חזק ונורא מאד בסבת העדר האויר.

הצופה העומד על הירח ומביט אל השמים סביביו יראה משם כוכב אחד אשר אנחנו לא זכינו לראותו, והוא קבוע על מקום אחד בלי נוע בשעה שכל שאר הכוכבים סביב יתנועעו. הכוכב החדש ההוא הוא כדור אדמתנו אנו, אשר ידמה לעיני הצופה מעל הירח ככוכב גדול, אשר אמנם אורו כהה מאד מאור השמש ובכ"ז גדול הוא שבעתים מאור הירח אשר לנו; וכמו הירח אשר לנו יחסר מאורו וישוב ויתמלא לתקופות ידועות, כן גם נוגה כדור אדמתנו בעד יושב הירח יחסר וישוב ויתמלא מתקופה לתקופה לפי שנוי מצבו לעמת השמש ולעמת הירח. והיה בעת אשר הירח מכוסה מעינינו יושבי האדמה מקץ כל חדש ימים, אז יאיר ליושב הירח כדור אדמתנו במלואו, ובעת שהירח במלואו יהיה כדור אדמתנו חשוך בעדו, ובעת אשר הירח יאיר לנו ברבע הראשון לחדש יהיה ליושב הירח מאור כדור אדמתנו ברבע האחרון, וכן להפך.

מה יפה ומה נהדר מראה פני כדור אדמתנו המאיר ליושב הירח את הלילה הארוך אשר לו הנמשך זמן שבועים ימים! מלבד שנויי התמונה בחסרונו ובמלואו אשר יתהולל במשך לילה אחד, כמה הזיונות מרהיבי עין יכלו התוכנים למצא בסבוב הכדור על

קטרו לעיניהם במשך כ"ד שעות. כמה מן החליפות והתמורות היו מרהיבות עיני הצופה על כדור כזה. הנה הוא רואה פני ים גדול מכסה את כל הכדור ואך באמצע הים בולטת יבשה בתבנית שני ציוני מספר V כזה נשענים איש על אחיו, זאת תבנית אמיריקא הצפונית והדרומית. לאט לאט תעתיק התמונה מקומה המזרחה ובבואה עד הקצה האחרון תחמק מן העין ותעלם ותחתה תופיע ממזרח על פני הכדור תמונה אחרת, תבנית הים השקט, ואחריה תעבורנה חליפות אשה אחרי רעותה ארצות אַזיאָ ואוסטרליא, איי ים הודו, אירופא ואַפריקאַ, ויכול להיות כי עין התוכן הבחונה תוכל להכיר גם את גבולות המדינות והארצות לממלכותיהן, ועוד חזיונות כאלה.

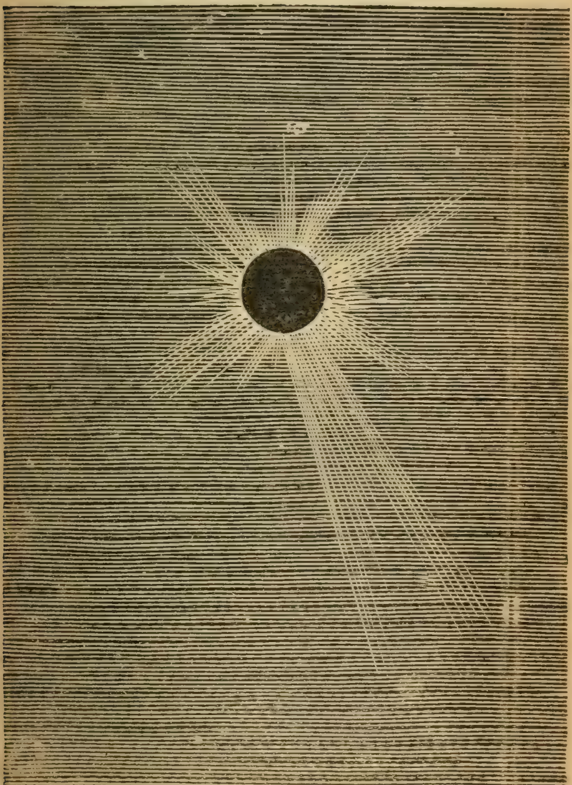
בטרם נצא את פני הקוראים בפרקנו זה על אדות הירח נזכיר עוד הפעם את לקוי המאורות ונבאר את המחזה בקצרה: כבר מלתנו אמורה למעלה, כי כאשר יעבור הירח בין אדמתנו ובין השמש הוא מכסה מעינינו את השמש והיה לנו לקוי חמה. עתה נוסיפה לבאר, כי דבר זה יכול להיות רק ברגע המולד, בעת אשר הירח נמצא מעבר אדמתנו הפונה אל מול השמש, ואז אם תהיה נקודת מצב הירח מצומצמת על קו ישר הנמשך מן השמש אל האדמה, יעיב הירח בעד מאור השמש מהגיע אלינו ויכסה את פני השמש בעדנו. והנה יען כי הירח סובב את אדמתנו בעגול עליפסי ויש אשר הוא רחוק מאדמתנו ויש אשר הוא קרוב אלינו, ע"כ יהיה הלקוי שונה בשני האופנים האלה, כי אם יתחולל הלקוי בעת קרבת הירח אל האדמה יכול הוא לכסות מעינינו את כל אגן השמש, ואם יהיה הלקוי בעת שהירח רחוק ממנו, לא יכסה מעינינו את כל אגן השמש ורק עגול רחב באמצע השמש יכוסה מאתנו, ויראה לנו בתבנית טבעת מאירה אשר כהם עגול ושחור יתנוסס באמצעו. והננו נותנים לפניכם הקוראים תמונת לקוי השמש השלם, לעת אשר יכסה הירח את כל פניו (ציור כז).

ולקוי הירח יתחולל לעת אשר תבוא האדמה בין השמש והירח, בזמן שהוא במלואו, ועמדה האדמה בנקודה מצומצמת על קו ישר אשר יוכל להמשך מן השמש אל הירח, ואז יפול צל

כדור הארץ על הירח ויכסה אורו. החזיונות האלה מופיעים בתקופות ידועות החוזרות חלילה בכל משך זמן שמונה עשרה שנה ואחד עשר יום.

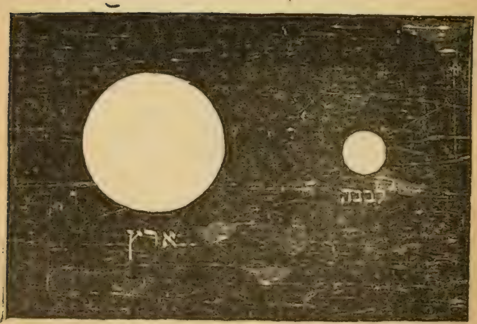
מדת גודל הירח בקוטרו כרביעית מדת קוטר הארדמה, והוא

ציור כז.



בערך 3484 קילומיטר, ושטח פני הירח כלו הוא 38 מיליון קילומיטר מרובעים (שטח פני כדור אדמתנו הוא 510 מיליון קילומיטר). בכמות החומר ימעט הירח מן האדמה ארבעים והשע פעמים, זאת אומרת כי כדור אדמתנו יכיל בקרבו חומר די ללוש ממנו תשע וארבעים כדורים ככדור הירח, וככובד המשקל קל הירח מן האדמה פי שמונים ואחד. סבת ההבדל בין הכמות ובין המשקל היא בגלל הבדל האיכות שבין חומר האדמה וחומר הירח, כי החומר אשר לאדמתנו מוצק כמעט פי שנים מחומר הירח, וע"כ יכבד במשקלו יותר מחומר הירח. ובגלל היות חומר הירח קטן מאד לעמת האדמה לכן ימעט גם הכח המושך אשר לו על הגופים הנמצאים עליו. אם נסמן את הכח המושך אשר לאדמה בציון מספר 1, אז יעלה לנו הכח המושך של הירח בערך 0,174, זאת אומרת מאה ושבעים וארבעה אחוזים לאלף; והיה כאשר נעתיק מן האדמה משא אשר משקלו פה הוא 1000 קילוגרם ונביאהו אל הירח יקטן שם משקלו והיה רק 174 קילוגרם. בתמונה אשר הננו נותנים לפני הקוראים פה (ציור כח) יתואר הירח לעמת האדמה במדת גדלם.

ציור כח.



ואם אמנם למראה עינינו ברקיע השמים נדמה לנו מדת גודל הירח כמדת גודל השמש, אף כי השמש גדול במדת קוטרו מן האדמה פי $108^{1}/_{2}$ ופי 1,280,000 בכמות חומרו, וגדול הוא אפוא מן הירח פי 400 במדת קוטרו ופי 62 מיליון בכמות חמרו, הנה סבת הדבר היא, כי הירח קרוב אלינו בערך 385 פעם יותר מן השמש, כי המרחק המבדיל בינינו ובין הירח הוא רק 384,000 קילומיטר, והמרחק המבדיל בינינו ובין השמש הוא 149 מיליון קילומיטר.

לסיום פרקנו ננסה נא להרחיב מעט את המושג על אדות המרחק המפריד בינינו ובין הירח: לכדור הקלע אשר יירה מכלי תותח ורץ במהירות חמש מאות מעטר בכל זעקונדע ידרש זמן שמונת ימים ושמונה שעות למען עבור את המרחק הזה; הקול יעבור מהלך 332 מעטר בכל זעקונדע (באויר אשר מדרגת חמו היא 0°), ולוא היה כל המרחק שבין הירח והאדמה מלא אויר למען יוכל הקול לעבור בו, כי עתה היה קול רעש חזק יוצא מהרי הגעש של הירח ומגיע לאזנינו פה על האדמה אחרי עבור 13 יום ועשרים שעות מרגע התחוללו; ואם יתחולל הרעש בעת המולד היינו רואים אותו ברגע אחד ואך קול השאון היה מגיע לאזנינו בעת שהירח במלואו. מסע רצים אשר יוכל לעבור בדרך סביב כדור אדמתנו בזמן 27 יום, לוא היה הולך בדרך העולה מן האדמה אל הירח, כי עתה הגיע למחוז חפצו אחרי עבור עליו זמן 38 שבועות לנסיעה בלי הפסק.

י.

תורת מדידת המרחקים בצבא השמים.

מדידת הגודל והמרחק במדת זוית. קנה המדה לזוית. חלוקת עגול לש"ס מעלות. יחס הקשת אל חצי קוטר העגול. כללים אחדים מחכמת ההנדסה. התוכנים לאלאנד ולאקאל. תחבולות רבות למדידת מרחק השמש מאתנו. מרוצת קוי האור. סבת עלית מי הים וירידתם. מסלול האדמה בתור שטח. מרחק הכוכבים הקבועים. מאזנים למשקל גרמי השמים.

בפרקים הקודמים לא אחת ושתים העירונו את אזני הקוראים לדעת קצבה למדת גדל הכוכבים ומרחקם מאדמתנו ומדת המרחק אשר בין איש לאחיו, וגם את משקל חמרם למדנו לדעת. והנה הדבר הזה יכול לעורר תמהון וספק בלב רבים מן הקוראים, ושאל ישאלו בצדק: איך יכול אנוש - רמה שוכן אחד גרגרי אבק ברחבי השמים להשיג מושג גבוה כזה, למדוד בשעלו מרחק מושבו הקטן מן הכוכבים הרחוקים ממנו תכלית מרחק, ולתת קצבה גם למדת גדל כל אחד מהם ולערוך את משקל חומר כל אחד מהם בדיוק נמרץ? היתכן כדבר הזה? האין משגה לפני התוכנים בענין זה? ואם יש בפיהם נכונה מה המה האותות והמופתים לאמת את תורתם? שאלות באלה ישאלו רבים לתומם, בחשבם, כי אין דבר קשה משכל אנוש כדבר הגדול הזה, וכי מרום ונשגב הוא לדעת תורת מדידת המרחקים שאין אנו יכולים לעבור בהם ברגל. ואולם אל נא יתפלא הקורא באמרנו אליו, כי התורה הזאת לא רחוקה היא ואך קרובה היא מאד, ונקל הוא לבאר אותה יותר מבאור הרבה חזיונות פשוטים בחזיונותינו יום יום. למען הבין את התורה הזאת דרוש לנו רק מעט שקידה והתבוננות. ואמנם השאלה היא נכבדה ויקרת ערך, וחביבה הדעת הזאת לאדם

וראוי לו להטריח מעט את מוחו, כי הטרחא הקטנה תביא לו פרי שעשועים ועגג לנפשו אחרי למדו לדעת חקות הטבע בצבא השמים, שהם אמנם הנכבדים והנעלים בכל מדעי התבל, והם הראשונים במעלה, והם המה המרוממים את האדם למעלה גבוהה ורק מעט מאלהים יחסרוהו.

בטרם כל דבר נלמד פה למודים אחדים מחכמת ההנדסה, והלמודים הם קלים מאד שאינם דורשים יגיעת מוח גדולה, ורק מעט התבוננות בשים לב.

הגודל והמרחק נמדדים ע"י התוכנים לא בקוים וקני מדה ישרים כמו המיטר וכדומה, ורק במדת זויות. גודל כל חפץ הנראה לעין מרחוק תלוי בכמותו וגם במדת המרחק המבדיל בינו ובין עין הצופה עליו. אם יאמר אדם כי גודל הירח למשל הוא כגודל קערה קטנה, אין זה נותן לנו מושג נאמן. יש אשר יאמר אדם, כי ראה כוכב נופל משמים ותבניתו כשבט ארוך 1 מיטר ורחבו 1 דעצימיטר. והנה מדה וקצבה כזאת לא תתן ולא תוסיף לנו מאומה לדעת מדה נכונה להכוכב, כל זמן שלא נדע בדיוק מה היה המרחק מן הכוכב ההוא אל עין הצופה באופן כזה, אם אין המרחק נודע לנו, עלינו לקצוב קצבה לגודל המוחש רק בעזרת הזוית המתהוה משני הקוים היכולים להמשך מן העין אל שתי קצות החפץ הנראה. והיה אם יודע לנו אח"כ גם המרחק אז נוכל לדעת את מדת החפץ ההוא בדיוק נמרץ.

מדידת כל מרחק וכל גודל איזה מוחש קשורה בקשר אמיץ עם מדידת הזוית המתהוה מן הקוים הנמשכים מן העין אל שני קצות המוחש ההוא. בעד זוית קצובה מתאימה מדת המוחש עם מדת המרחק הקצובה וכל שנוי במדת המרחק בעד הזוית ההיא גורם שנוי במדת המוחש, הקורא המתקשה בהבנת הדברים האלה יואל נא להביט אל הציור י"ד בפרק ששי (צד 54) והתבונן לדעת, כי למשל בעד הזוית דא"ה המתואר שם ע"י הקוים א"ד וא"ה תהיה מדת החץ המסומנה באותיות ד"ה קצובה רק בעת היותו נצב במקום ההוא אשר בתמונה, ואולם בשנותו את מצבו והקריב מעט אל העין או שירחיק משם והלאה מוכרח הדבר כי יתקטן או יגדל במדתו למען התקים הזוית במצבה, כי

למשל החץ הזה בבואו עד הנקודות ב"ג בולטות ממנו שתי הקצות משני עברי קוי הזוית, ואם נחפץ שתהיינה קצותיו מכונות אל קוי הזוית אז נטל עלינו להסיר את הסרח העידף משתי הקצות. ובער מרחק קצוב מתאימה מדת המוחש למדת הזוית הקצובה, וכל שנוי במדת המוחש יגרום שנוי במדת הזוית כמובן. ובכן נקל לדעת, כי מדידת הזוית היא הצעד הראשון בתורת מדידת המרחקים וגודל המוחשים בצבא השמים.

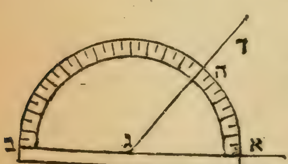
פה יתאמת הפתגם הנודע „כל ההתחלות קשות". במדידת הזוית אין כל דבר קשה והתורה הזאת לא רחוקה היא ולא נמצא בה כל נשגב משכלנו, ואם אמנם אין בה כל רוממות, בכ"ז יש בה רב נעימות למשוך את הלב ולענג את הקורא.

כל איש יודע מה זאת זוית. הזוית היא חבור שני קוים נשענים בקצותיהם איש על רעהו באיזו נטיה או גם בלי נטיה כלל. התמונה המצוירת פה בציור כ"ט היא מתארת לפנינו שלש זויות שונות האחת מהן (א) היא זוית קצרה, השניה (ב) היא זוית ישרה והשלישית (ג) היא זוית רחבה.



ציור כט.

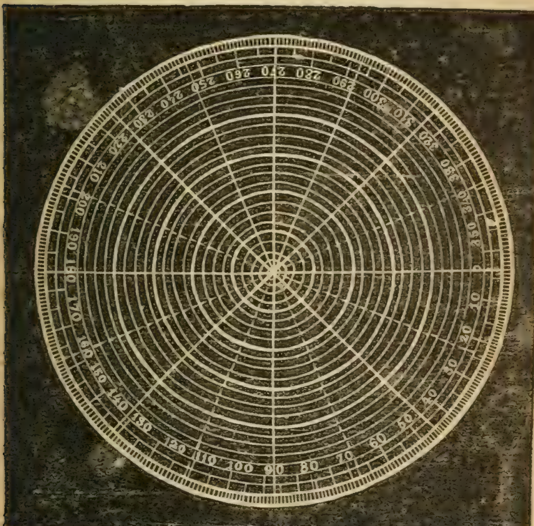
הזוית נמדדת בקשת עגול אשר נקודת מרכזו העמוד בנקידת חבור שני הקוים מחוללי הזוית. הציור ל. אשר לפניך מתאר לנו איך נמדדת הזוית בקשת.



ציור ל.

הקו ג"ד שהוא שוק הזוית דג"א יחשב כחצי קוטר העגול והוא יכול לסוב על העגול ולהעתיק נטיתו מן הנקודה א' עד ה' ועד ב' וגם עוד הלאה מלמטה לחצי העגול. העגול נחלק, כמו שכבר למדנו (צד 42) לש"ם חלקים שוים וכל חלק נקרא בשם מעלה. באופן הזה יהיה חצי העגול מאה ושמונים מעלות, רבע העגול או זוית ישרה=90 מעלות, חצי זוית ישרה 45 מעלות וכן הלאה. חצי העגול המתואר בתמונה נחלק פה ע"י קוים

מפסיקים לחלקים בני עשר מעלות, וכל חלק נחלק לשנים בחצי קו, ואך אחד מהם הסמוך לאות א׳ נחלק לעשרת חלקים, זאת אומרת לעשר מעלות. ובכן תהיה לנו למדת הזוית מעלת העגול שהיא אחד מש״ס בעגול שלם. המדה הזאת איננה משתנה במרחק העגול מן המרכז או בהתקרבם זה לזה, זאת אומרת בין שהעגול רחב מאד ובין שהוא קצר אחת היא לנו המעלה האחת למדת הזוית. התמונה אשר לפנינו (ציור ל״א) מתארת לנו המון עגולים זה בתוך זה ומרכז אחד לכלם, ובה נראה, כי בחלוקת כלם לש״ם מעלות משתמשים רק בקוים אחדים.



ציור ל״א.

אכן המהנדסים מצאו גם קצבה למדת אורך הקו העגול או הקשת האחוזה במעלה אחת, והיא נערכת תמיד במדת חצי

הקוטר, והיתה מרת המעלה בדיוק אחד משבעה וחמשים באורך חצי הקוטר, או במרחק העגול ממרכזו. הקצבה הזאת נחוצה לנו מאד לדעת, והקורא יואיל לשננה בלבו לבל ישכחנה.

ולרגלי הצרך למדידת הזוית אשר היא פחותה ממעלה שלמה נחלקה כל מעלה לששים חלקים וכל חלק יקרא בשם מינוט, וכל מינוט נחלק לששים משנים (זֶקונדות), כאשר למדנו כבר; וראוי לשית לב לדעת, כי אין כל יחס ודמיון בין המינוט או הזקונדה במדת העת ובין המינוט או הזקונדה במדת העגול, אף כי שמותיהן שוים.

עתה אחרי דעתנו את כל זה נשובה לעניננו למדידת גדל הכוכבים ומרחקם.

גודל מדת הירח למבט עיני הצופה עליו מן האדמה הוא ′31 (מינוט), ″8 (משנים), שהוא מעט יותר מחצי מעלה (כי המעלה היא ששים מינוט). לוא חפצנו לאזור את כל עגול החותך את האופק (שהוא חצי עגול שלם) באזור של ירחים עומדים זה אצל זה, כי עתה היינו צריכים להעמיד 344 ירחים כאלה איש אצל אחיו כחצי גורן עגולה, באופן אשר הקצה האחד יהיה בקצה האופק מזה והקצה השני מקצה האופק אשר ממולו, ממזרח וממערב או מצפון ומנגב.

ועתה בחפצנו לדעת את מדת גודל הירח כמו שהוא באמת עלינו למצא רק את מדת מרחקו ממרכז עגול מסלולו (אדמתנו), ואז יצא לנו חשבון ברור, אחרי הכלל שלמדנו למעלה, כי המעלה של העגול היא אחד מחמשים ושבעה במדת חצי קוטרו; אם יהיה לנו למשל עגול אשר מדת חצי קוטרו היא 57 מיטר, תהיה מדת קשת מעלה אחת מיטר אחד, חצי המעלה (′30) חצי מיטר וכו'.

אחרי ראותנו, כי גודל הירח למבט עינינו הוא מעט יותר מחצי מעלה אחת, נוכח לדעת, כי מרחקו מאדמתנו הוא פחות מעט מחצי חלק $1/_{57}$ במדת גדלו האמתי, או כי מרחקו הוא 110 פעמים ממדת גדלו, זאת אומרת כי אם נחפץ לעשות לנו גשר של כדורים אשר גדלם כגדל הירח לעבור בו מן האדמה אל הירח ידרש לנו סכום 110 כדורים כמוהו להעמידם איש

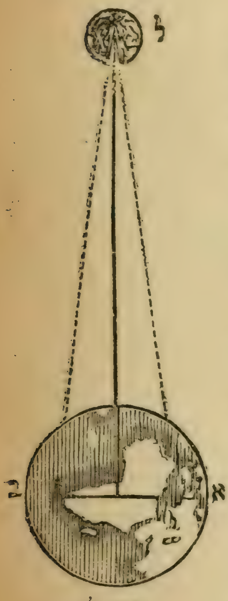
בצד אחיו למלאות את כל המרחק.

אולם כל זה לא יתן ולא יוסיף לנו מאומה למצא קצב נכון למדת גדל הירח באמת ולמדת מרחקו כל זמן שלא נמצא תחבלה אחרת למדוד את המרחק המבדיל בינינו ובין הירח. ומה מאד נהפלא לדעת, כי בני האדם מצאו קצבת מרחק הירח מאתנו עוד לפני אלפים שנה, והמדידה האחרונה יצאה לפעלה בשנת 1752 בדיוק נמרץ על ידי שני תוכנים צרפתים שם האחד לאלאנד ושם השני לאקאל אשר כוננו מבטיהם אל מול הירח ברגע אחד משני מקומות רחוקים איש מרעהו, האחד מברלין והשני ממצר התקוה הטובה.

התמונה המצוירת לפנינו בזה (ציור ל"ב) מתארת לנו את אופן מדידת מרחק הירח מן האדמה בעזרת זוית של משלש.

אכן בטרם נתבונן אל התמונה נלמוד לדעת עוד כלל אחד מתורת ההנדסה והוא:

ק ב ו ץ ש ל ש ז ו י ו ת ש ל כ ל מ ש ל ש י ת ן ל נ ו ס כ ו ם ש ת י ז ו י ו ת י ש ר ו ת ש ה ו א מ א ה ו ש מ ו נ י ם מ ע ל ו ת.



ציור לב.

מבלי הלאות את מוח הקורא בלמודי המופתים הרבים אשר לכלל זה בתורת ההנדסה, נספיק הפעם במופת אחד קל מאד להבין: כל מרובע הוא בעל ארבע זויות ישרות; נקח לנו מרובע בעל ארבע זויות ישרות ונחלקהו באלכסונו ע"י קו נמשך מאחת זויותיו אל הזוית השנית אשר ממולו, באופן אשר יתחלק המרובע לשני משולשים, הנה אז יראה כל איש בעליל, כי בכל אחד מן המשלשים יש שלש זויות אשר סכומן יחד יהיה

שתי זויות ישרות או חצי מספר ארבע הזויות של המרובע. וגם לוא יהיה המרובע עשוי מארבע זויות בלתי ישרות יעלה לנו תמיד סכום ארבע זויותיו לארבע זויות ישרות, ומנת החלוקה לשתים ע"י קו אלכסון תתן לנו תמיד שני משולשים, אשר קבוצת שלש זויותיו של כל אחד מהם תהיה 2 זויות ישרות או מאה ושמונים מעלות העגול.

עתה אחרי הלמוד הזה יבין הקורא מאליו, כי אם יהיה לפנינו משלש גדול אשר אנחנו נוכל למדוד רק שתי זויותיו ואל הזוית השלישית לא נוכל לגשת, אז על נקלה נדע גם מדת הזוית השלישית הנעלמת, יען כי בדעתנו אשר סכום קבוץ כל שלש הזויות הוא 180 מעלות יספיק לנו לחבר את סכום שתי הזויות הנודעות לנו ולחסר מן המספר 180 והיה המספר הנשאר למדת הזוית הנעלמה.

נשוב עתה לעניננו לאופן מדידת מרחק הירח מאתנו בעזרת זויות של משלש ונבאר אותו.

שני התוכנים הצרפתים לאלאנד ולאקאל התיצבו ברגע אחד בשני מקומות רחוקים איש מרעהו, האחד במקום המסומן בתמונה באות א' על פני כדור הארמה והשני במקום המסומן באות ב', וכל אחד כונן מבטו בקנה צופים אל מרכז הירח, אל הנקודה ל'. מובן מאליו, כי על כל אחד משני התוכנים היה להטות את קנה־המצפה אשר לו אל מול הירח בנטית זוית ידועה, ובאופן הזה חוללו שניהם יחד עם מרכז הירח תמונה משלשת המצוירת בציור הנ"ל באותיות אב"ל. והנה סכום שתי הזויות לא"ב ולב"א נודע להתוכנים ההם, ועליהם היה אפוא אך לחסר את הסכום הזה מסכום 180 מעלות למען דעת מדת הזוית השלישית אל"ב. ויהי אחרי דעתם את מדת הזוית הנעלמת (אל"ב) וידעו גם כן, כי לוא התיצב איש על הירח ויבט על כדור אדמתנו, כי עהה היתה מדת גודל כדורנו למבט עיניו מכֻונת בפחות מעט ממעלה אחת, ואחרי דעתנו כי זוית מעלה אחת תתן לנו קשת אשר מדתה היא אחד מחמשים ושבעה בחצי קוטר העגול, יצא לנו חשבון כי הזוית אשר עלתה להצופה על כדור אדמתנו מעל פני הירח התן לו מדת קשת פחותה מעט מאחד מחמשים ושבעה

במדת חצי קוטר מסלול תקופת הירח סביב ארמתנו, או $60^1/_4$ במדת מרחק הירח מן האדמה (בדיוק 60,27), ולמען היות המספר בלי שברים נתן לו תמונה שלמה שלשים קוטרי אדמתנו. ויען כי יודעים אנו אשר מדת הקוטר של כדור אדמתנו היא 6371 קילומיטר, הנה יהיה אפוא מרחק הירח מן האדמה שלשים פעמים ככה או 384,000 קילומיטר שהם 96,000 ליה.

המדידה הזאת היא נכונה וברורה שאין בה אף ספק קל שבקלים, ואין לפקפק בה כמו שאין לפקפק במציאותנו.

נכון הדבר כנכון היום, כי מרחק הירח מן האדמה אשר נסדר באופן האמור הוא מדויק הרבה יותר ממדידת איזה שטח אדמה הנמדד ע"י המומחים בדבר או ממדידת הדרך במסלות הברזל ע"י בוני המסלות. ואם אמנם נחשב בעיני הקורא כמפריזים על המדה בהחלטתנו זאת, בכ"ז האמת תורה דרכה, כי התוכנים מדקדקים יותר במדידת המרחק בין צבאות השמים מאשר ידקדקו הסוחרים בספרי חשבונותיהם והאינזינירים במדידת הדרכים והמסלות, ולא יחטיאו גם כחוט השערה.

ואחרי דעתנו בדיוק נמרץ את המרחק המפריד בינותינו ובין הירח, נוכל לדעת בדיוק גם את מדת גדל הירח באמת. חצי קוטר ארמתנו לצופה עליה מעל פני הירח הוא '57, וחצי קוטר הירח לצופה עליו מעל פני האדמה הוא '15 ועוד "34. ואם נערוך את שני המספרים האלה איש מול אחיו בחשבון הערכין יהיה האחר נערך אל מול משנהו כמו המספר 1,000 לעמת המספר 273, ומזה יוצא לנו, כי מדת קוטר הירח היא כרביעית מדת קוטר האדמה. ובדעתנו כי מדת קוטר האדמה היא 12,732 קילומיטר, הנה תהיה מדת קוטר הירח 3,448 קילומיטר.

הקורא את הדברים האלה יכול לחשוב בלבו, כי ההתחבלה הנ"ל אשר השתמשו בה התוכנים למצא מדת מרחק הירח מן האדמה יכולה לתת ידים גם למדוד מדת מרחק השמש מארמתנו, ובכן הננו להעיר את אזניו לדעת, כי התחבלה הזאת למדידת מרחק השמש מאתנו לא תצלח. סבת הדבר היא כי המרחק גדול הוא מאד, וכל קוטר אדמתנו אנו כמר מדלי יחשב לעמתו

ובבואנו לערוך משלש ארוך כזה אשר הזוית הנעלמה תהיה במרכז השמש ושתי זויותיו הנודעות תהיה משתי קצות קוטר האדמה, תהיינה לנו שתי הזויות ישרות מבלי נרגיש בהן כל נטיה קלה מזה ומזה. מרחק השמש מאתנו הוא כשנים עשר אלף קוטרי האדמה, והיה בחפצנו לציר לנו משלש ארוך אשר צלעו האחד תהיה מדת קוטר האדמה ושתי צלעותיו הנשארות תהיינה מדות שני קוים הנמשכים אל מרכז השמש, יהיה הדבר דומה כמו לוּא לקחנו לנו קו של 1 מילימעטר (אחד מאלף במיטר) ומשתי קצותיו נמשוך שני קוים ארוכים של 12 מיטר להיות לנו משלש, הלא אז כמעט יפלו שני הקוים איש על אחיו בכל הארך, ולא נרגיש כלל את מרחקם זה מזה גם בקצה המשלש במקום הצלע השלישי שהוא 1 מילימיטר.

ואולם התוכנים חקרו וימצאו תחבלות אחרות למדוד בעזרתן את המרחק המפריד בינותינו ובין השמש, ובחקירותיהם העלו ששה אופני מדידה שונים איש מרעהו, וכלם נתנו תוצאות שוות.

האופן האחד הוא להשתמש ברגע אשר יעבור הכוכב נוגה במסלולו בין השמש והארץ. בעת ההיא יעמדו שני תוכנים בשני מקימות רחוקים איש מאחיו על פני כדור ארמתנו וכוננו איש איש מבטו בקנה־צופה אשר בירו לראות את הנקודה המכוסת על פני השמש לרגלי ההפסק אשר יפסיק לו הכוכב נוגה. למה הדבר דומה? לאדם הזוקף לו אצבעו אל מול עיניו מרחוק, והאצבע מפסקת בין מבטי שתי עיניו ובין איזה עצם אשר ממולו, והיה כאשר יעצום האדם את עינו הימנית והביט בעינו השמאלית וראה את ההפסק נטוי הימינה, וכאשר יעצום את עינו השמאלית ותביט בעינו הימנית בלבד וראה את ההפסק נטוי השמאלה. וכאשר יניע האדם בעת ההיא את אצבעו לאט לאט מצד אל צד באופן אשר תעבור על פני העצם ההוא וראה, כי בכל העתקה קלה תשתנה הזוית בעד מבטי עיניו אל מול העצם. והיו לנו שני הצופים על השמש משני קצות כדור ארמתנו כשתי עינים, והכוכב נוגה העובר על פניהם בין השמש והארץ כאצבע המפסקת, והזויות אשר תעלינה למבטי שני הצופים יחדו תהיינה לעינים להתוכנים למצא מדת מרחק השמש מן האדמה. הקורא החפץ

לעשות לו בחינה כזאת יקח לו לוח עגול של נייר והציב לו ממולו במרחק איזה מיטר, ואח"כ יקח לו מקל אשר בקצהו יהיה כעין כדור קטן, והציב לו את קצה המקל מרחוק בין מבטי עיניו ובין לוח הניר והעבירו על פניו לאט לאט, ובעת עברו יעצום חליפות את שתי עיניו, ויצא לו המחזה הדרוש.

ממערכת הזויות אשר יצאו להתוכנים במבטם על השמש ברגעים אשר עבר הכוכב נוגה על פניו יצא להם חשבון, כי מרחק השמש מארמתנו הוא מאה וארבעים ותשעה מיליון קילומיטר.

והיה הקורא אשר לא למד חכמת ההנדסה ויפלא מאתו לדעת את תוצאות המדידה באופן הזה, ימצא ידי ספקו באופנים האחרים שהשתמשו בהם התוכנים למדידת מרחק השמש.

האופן השני נוסד על מהירות מרוצת קרני האור. כנודע דרוש לקרני האור זמן ידוע לעבור איזה מרחק. כמו למשל לקרני האור העוברות מן הכוכב צדק אלינו דרוש זמן 30 — 40 רגעים. התוכנים התבוננו אל חזיונות לקוי הירחים המלוים את הכוכב צדק ויראו, כי יש הבדל בזמן הלקוי בין התקופה שארמתנו נמצאה במסלולה מעבר השמש מזה סמוך למסלול צדק ובין התקופה שאנחנו נמצאים במסלולנו מעבר השני מאחרי השמש, והבדל הזמן בלקוי הירחים הזה הוא בערך 16 מינוט ועוד 26 זקונדין, זאת אומרת, כי בעת שארמתנו נמצאה מעבר השמש מזה סמוך למסלול צדק יקדים זמן הלקוי לבוא כדי ′16, ″26 מאשר בעת שאנחנו נמצאים מעבר השמש מצדו השני רחוק ממסלול צדק. ומזה נודע לנו, כי לקרני האור דרוש זמן ′16, ″26 לעבור מרחק אשר מדתו היא קוטר מסלול הארמה סביב השמש. והיה אפוא הזמן הדרוש למרוצת קרני האור מן השמש אל הארמה (חצי קוטר המסלול) 8 מינוט 13 זקונדין. ואחרי אשר מצאו חכמי הטבע בבחינותיהם, כי מהירות מרוצת קרני האור היא שלש מאות אלף קילומיטר לזקונדע, הנה על נקלה נמצא חשבון, כי מרחק השמש מן הארמה הוא 493 פעמים ככה שהם בערך 149 מיליון קילומיטר.

האופן השלישי גם הוא נוסד על מהירות מרוצת קרני האור ורק בפנים אחרות והוא:

כל איש יודע אשר בעת שיורד הגשם על הארץ ואגלי מימיו נופלים בארח ישרה ממעלה למטה, אז נטל על האדם העומד בחוץ ומחסה ממטר בידו לכונן את המחסה ישר על ראשו, ואולם בעת שהוא הולך נטל עליו להטות מעט את המחסה מלפניו, ואם הוא רץ, נטל עליו להטות את המחסה עוד יותר למען אשר לא יפלו עליו אגלי המטר מלפניו, ומדת נטית המחסה תלויה במדת מהירות מרוצתו ובמדת מהירת נפילת אגלי המטר. החזיון הזה נראה ביתר שאת על קירות מרכבות מסלת הברזל, כי בעת רדת הגשם על הארץ והן רצות בדרכן, אז יתוו אגלי המטר על הקירות קוי אלכסון, ומדת אלכסונם של הקוים תלויה במהירות מרוצת המסע, כי כאשר תגדל מהירות מרוץ המסע כן יוסיפו קוי האלכסון לנטות הצדה.

כחזיון הזה בנטית אגלי המטר היורדים בארח ישרה נראה גם בנטית קרני אור השמש, כי אם אמנם הקרנים תלכנה בארח ישרה מן השמש אל האדמה, ואולם בגלל אשר האדמה תרוץ במהירות במסלולה, נטל על התוכנים להטות את קני־הצופים אשר להם הצדה אל מול המקום אשר שמה תרוץ האדמה, ונטית קני־הצופים היא באלכסון ידוע, אשר על פי חשבון ההנדסה יעלה לנו, כי מהירות מרוצת קרני אור השמש היא מרובה עשרת אלפי פעמים ממרוצת כדור האדמה במסלולו, ואחרי דעתנו את מהירות מרוצת קרני השמש שהיא שלש מאות אלף קילומיטר לזקונדע, נדע את מהירות מרוצת האדמה במסלולה שהיא אחד אחוז מעשרת אלפים במדה הזאת, והיא 30 קילומיטר לזקונדע. מדעתנו, כי האדמה משלמת תקופתה במסלולה בזמן שס"ה יום הלא על נקלה נמצא חשבון למדת כל ארך היקף המסלול, וממדת ההיקף תצא לנו גם מדת חצי קוטר המסלול או מדת המרחק המפריד בין האדמה ובין השמש. והנה גם אופן המדידה הזה הראה לדעת כי המרחק הוא 149 מיליון קילומיטר.

האופן הרביעי למדידת מרחק השמש מאתנו נוסד על חקי הכח המושך של השמש ופעולתו על תנועת הירח סביב לאדמתנו.

אנחנו כבר למדנו לדעת, כי הירח אחוז באדמה ע"י הכח

המושך אשר לכדור הארץ, ואולם גם השמש המושך את ארמתנו מראה פעולתו על תקופת הירח סביב האדמה, והנה יודעים אנחנו, כי הכח המושך ישתנה לפי מרובע המרחק שבין המושך והנמשך, וע"כ מובן מאליו, כי יורגש הבדל בין פעולת הכח המושך של השמש על הירח בעת שהירח נמצא במסלולו מעבר האדמה הפונה אל השמש (בעת המולד), אשר אז הוא קרוב יותר אל השמש, ובין פעולת הכח הזה בעת שהירח נמצא מעבר האדמה הפונה מן השמש והלאה (בעת שהירח במלואו), אשר אז יגדל מרחק הירח מן השמש כמדת קוטר מסלולו סביב האדמה. והנה התוכנים התבוננו בדיוק אל השנוי המורגש הזה וימצאו חשבון נכון למדת מרחק השמש מאתנו.

האופן החמישי למדירת מרחק השמש נוסד על חשבון הערכין בכמות חומר כוכבי הלכת לעמת חומר השמש ולעמת מדת המרחק המפריד בינותם, כי כפי הנודע יש ערך מדויק לכח המושך ולכמות חומר שני הגופים (המושך והנמשך) ולמדת המרחק, ואם נמצא ערך כמות החומר נוכל למצא גם מדת המרחק.

האופן הששי הוא מבטי התוכנים אשר כוננו אל הכוכב מאדים ואל כוכבי הלכת הקטנים הסובבים את השמש במסלול מאחרי מסלול מאדים. הכוכבים האלה עוברים לעיני הצופה לפני כוכבים עומדים אשר ברחבי התבל, ואולם כאשר נכונן את מבטי עינינו לעמת כוכבי הלכת האלה בתקופות שונות, פעם בעת שאנחנו נמצאים מעבר לשמש מזה והכוכב מאדים נמצא מאחרינו, ופעם בעת שאנחנו נמצאים מעבר לשמש מזה והכוכב מאדים מעבר השני, אז תשתנה לעינינו מדת הזויות המתהוות משלש הנקודות הנתונות (האדמה, מאדים והכוכב העומד), ומן הזויות ההן מוציאים התוכנים מדה וקצב למרחק כוכבי הלכת מאתנו, והיתה להם לעינים למצא גם מדת מרחק השמש.

מכל ששת אופני המדידה האלה יצא להתוכנים חשבון ברור ומדויק, כי השמש רחוקה מארמתנו פי 11,700 בקוטר האדמה, או במספר שלם 149 מיליון קילומיטר.

אחרי דעתנו את המרחק המפריד בינינו ובין השמש הלא

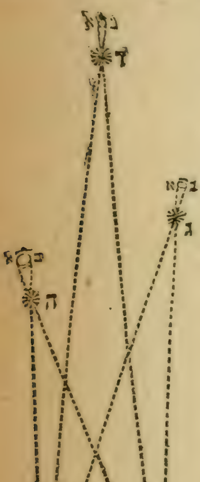
נקל הוא למצא חשבון מדויק למדת גדלו האמתי בהעריכנו את מדת גדלו הנראה לעמת המרחק, כמו שעשינו בהערכת מדת גדל הירח. מן החשבונות שהבאנו למעלה יצא לנו, כי קוטר הארמה הנשקף על פני השמש יהיה ″17,6 א), וקוטר השמש הנשקף על פני הארמה לעינינו הוא ′32 עם ″4 או ″1924, והיה אפוא המספר הראשון נערך לעמת השני כמספר 1 לעמת 108,55, ולכן נדע, כי קוטר השמש הוא גדול מאה ושמונה פעמים ממדת קוטר הארמה; קוטר הארמה הוא 11,732 קילומיטר וקוטר השמש יהיה 108 פעמים ככה שהוא 1,383,000 קילומיטר.

כללי ההנדסה אשר עזרו להתוכנים למדוד את מרחק הירח מאתנו היו למו לעינים למדוד את מרחק הכוכבים הקבועים. אולם למרחק הזה לא יספיק קוטר הארמה להיות צלע הזוית הדרושה, כי במה נחשב הוא לעמת המרחק הרב, גם לא יכלו התוכנים להשתמש הפעם בכוכבי הלכת האחרים כמו שעשו במדידת מרחק השמש, כי גם התחבלה הזאת לא התן ולא הוסיף מאומה לרגלי רוב המרחק. ואולם בנין מערכת צבא השמש בכלל נתן להתוכנים את היכלת להשתמש בו לצרכי המדידה הזאת, גם הפעם נמצא כיהורה ועוד לקרא מופת לתנועת הארמה סביב השמש.

הארמה בהקיפה את השמש ממרחק 37 מיליון ליה מתארת במשך השנה עגול (באמת הוא עליפסים) אשר מדת היקפו היא 241 מיליון ליה. קוטר העגול הזה הוא 74 מיליון ליה. והנה הארץ בתקופתה במשך השנה בעגול זה היא נמצאת בכל רגע בנקודה אחת בעגול שהיא רחוקה מרחק 74 מיליון ליה מן הנקודה אשר הארמה נמצאה עליה לפני ששה ירחים ואשר תשוב שמה אחרי ששה ירחים. או במלים אחרות: אנחנו הולכים

א) וכך הוא החשבון: המספר 11700 בהתחלקו במספר 57 יתן מנת החלוקה 205, והוא ילמדנו, כי למען היות קוטר הארמה להצופה עליה מעל פני השמש זוית של מעלה אחת דרוש לה לארמתנו להתגדל מאתים וחמש פעמים; ובכן נחלק את הזוית של מעלה אחת שהיא 60 מינוט או 3600 זעקונדען למספר 205 ותצא לנו מנת החלוקה ″17 עם עודף, והוא המספר הדרוש.

ומתנועעים עם ארמתנו במרחב גדול אשר מדת קוטרו היא 74 מיליון ליה, ובכל רגע עומדים אנחנו מקצה המרחב בנקודה מכֻוֶנת ממול נקודת המקום אשר היינו שם לפני ששת ירחים ואשר נשוב להגיע שמה אחרי עבור ששת ירחים שנית. והיה המרחב הזה לנו לצלע המשלש הדרוש ומשתי קצותיו נמשוך את קוי שתי הצלעות הנשארות של המשלש אשר הזוית הנעלמה תגיע אל הכוכב הקים אשר אנו רוצים לדעת מדת המרחק המפריד בינו ובינינו.



ציור לג.

והננו נותנים לפניכם בזה תמונה (ציור ל"ג) המתארת את מסלול הארמה סביב להשמש ואת המשלשים המתחוללים ע"י שתי קצות קוטר המסלול הזה עד איזה כוכב מן הכוכבים העומדים.

הקו המסומן בתמונה זו באותיות א"ב שהוא קוטר מסלול הארמה סביב השמש יהיה לנו לצלע אחד המשלשים אשר הזויות הנעלמה תמצא מרחוק ונוגעת אל אחד הכוכבים העומדים המסומנים באותיות ג, ד, ה. הצופה מעל פני ארמתנו אל אחד הכוכבים ההם במשך כל השנה ירמה לו כי הכוכב ההוא סבב במסלול קטן המסומן פה בתמונה באותיות א"ב, ואז ידע אל נכון את מרחקו מאתנו ע"י מרידת שתי הזויות של המשלש אשר משתי קצות הקו א"ב. אולם יש כוכבים עומדים אשר למרות תנועת ארמתנו במסלולה הרחב לא נוכל להרגיש שנוי במצבם הם ולא יחוללו כל זוית עם שתי קצות קוטר המסלול הזה, ולא נוכל אפוא למצא השבון למדת מרחקם מאתנו. סבת הדבר היא, כי המרחק רב ועצום כל כך עד שאין ארך קוטר המסלול נחשב למאומה בעבור המשלש, כמו שאין קוטר ארמתנו נחשב למאומה לעמת

מרחק השמש מאתנו, כמו שבארנו למעלה.

הציור אשר לפנינו, הנסמן בציון מספר ל"ג, מתאר שלשת כוכבים עומדים בשלשה מרחקים שונים, אשר יחוללו עם שתי קצות קוטר מסלול האדמה שלש זויות שונות, האחת מהן אה"ב היא בעלת 15°, השנית אג"ב — 20° והשלישית אד"ב — 11°, ואולם מהראוי לנו לדעת, כי התמונה הזאת היא מפרזת מאד על המדה לעמת המרחקים האמתים אשר לכוכבים העומדים, כי גם הכוכב היותר קרוב אלינו מן הכוכבים העומדים לא יחולל עם שתי קצות קוטר מסלול אדמתנו זוית רחבה יותר מן 2″, ולוא חפצנו לתור לפנינו זוית כזאת לפי מדת רוחב התמונה, זאת אומרת כי צלע המשלש מלמטה תהיה כמדת הקו הנתון לפנינו (א"ב), ושתי צלעותיו הנשארות תתארכנה למעלה עד חוללן זוית בעלת 2″, כי עתה נטל עלינו להאריך את הקוים למצער מאת אלף פעמים במדת הקו א"ב, שהיא בערך שני קילומיטר, אשר מן הנמנע הוא לחוק תמונה כזאת בספר עלי לוח.

הכוכב הקרוב אלינו בכוכבים הקבועים ועומדים למראה עינינו ברחבי השמים הוא הנסמן במפת השמים בציון אלפא (התוכנים נתנו סמנים בכוכבים העומדים בציוני אותיות אלפא ביתא היונית) בקבוץ הכוכבים צנטבר, והמרחק המפריד בינינו ובינו הוא מאתים ושבעים וחמשת אלפי פעמים יותר ממרחק השמש מאתנו, או מרחק עשרת טריליון ליה (הטריליון הוא עשרת אלפי מיליון).

למען תת מושג על אדות גודל המרחק הזה עלינו להוסיף, כי קרני האור אשר תרוצנה ארח במהירות שלש מאות אלף קילומיטר בכל זקונדה תעבורנה את המרחק הזה במשך ארבע שנים ומאה ועשרים ושמונת ימים; לוא היה החלל אשר בינינו ובין הכוכב ההוא מלא אויר אשר יוכל לרעוד ולהעביר את הקול, כי עתה יעבור הקול מן הכוכב ההוא אלינו בזמן משך יותר משלשת מיליון שנה; למסע רצים במסלת הברזל הרץ במהירות ששים קילומיטר לשעה היה דרוש למעבר הדרך הרחוקה הזאת שבעים וחמשת מיליון שנה; לוא חפצנו לבנות גשר אשר יחבר

את ארמתנו עם השמש, כי עתה היינו צריכים לחבר 16,600 כדורים כארמתנו איש אל אחיו, ואם נבוא לבנות גשר מן הכוכב ההוא אלינו, כי עתה היינו צריכים לחבר 275,000 גשרים כאלה איש אל אחיו.

זה הוא מרחק הכוכב הקרוב אלינו בכוכבים העומדים, וכל שאר הכוכבים הם רחוקים מאתנו מרחקים יותר גדולים עד כי יבצר מאתנו למצא קצב למרחם. תורת מדידת המרחק המפריד בינינו ובין הכוכבים העומדים היא תורה שנתחדשה זה לא כביר בבית מדרשם של התוכנים בשנת 1840. —

הנה כי כן למדנו לדעת תורת מדידת גודל הכוכבים ומרחקם, וראה ראינו, כי לא רחוקה היא התורה הזאת מאת כל איש אשר חכמת ההנדסה איננה זרה לו, וכי אין לפקפק באמתתה, והחשבונות העולים להתוכנים בענין זה הם מרויקים ולא יחטיאו כחוט השערה.

עתה נוסיפה להגיד בזה להקוראים, כי גם לקצוב משקל הכוכבים הוא דבר נקל מאד לתוכנים, וכל איש יכול להבין את התחבלה אשר ישתמשו בה חכמי התכונה לצרך הדבר הזה.

הננו מתחילים באופן משקל הירח, ונחקרה לדעת, איך שקלו התוכנים את הכוכב הזה:

חכמת הטבע תורנו דעת, כי כמות הכח המושך אשר לכל גוף נערכת בערך ישר לכמות חמרו, כי הגוף הגדול מחבירו פי שנים או שלשה וכו' מושך אליו בכח גדול פי שנים או שלשה וכו' מן הכח המושך אשר להגוף השני. כמות החומר היא גם משקל הגוף. והנה אם יצלח בידינו למצא קצבה לכמות הכח המושך של הירח נוכל לדעת גם כמות חומרו או משקלו. את הקצבה לכמות הכח המושך אשר לירח מצאו חכמי הטבע על נקלה באופנים אחדים: הם ראו כי הירח מושך אליו פעמים בכל יום את מימי הים בעת שמישור הים עובר תחתיו, ויביאו בחשבון מדויק את כמות המים המתרוממים אל מול הירח ואת מדת ההתרוממות, וימצאו קצבה נכונה לפי ערך המרחק גם למדת הכח המושך אשר לירח, ובאופן הזה מצאו גם קצבה לכמות חומר הירח או למשקלו.

האופן השני למצא משקל הירח הוא להביא בחשבון את הכח המושך אשר לו המראה פעלו והדרו על תנועת אדמתנו במסלולה סביב לשמש. ראה ראו התוכנים, כי בעת שהירח נמצא מעבר הארמה הפונה אל השמש אז תתקרב הארץ מעט אל השמש (בערך אחד אחוז ממאתים ותשעים במדת קוטר מסלולה), וגם תמהר במרוצתה; ובעת שהירח נמצא מעברה השני, מן השמש וחוצה, אז תתרחק הארמה מעט מן השמש וגם תעצר מעט בדרך מרוצתה במסלולה. סבת החזיון הזה היא פעולת הכח המושך של הירח על הארץ, והנה הביאו התוכנים בחשבון את פרטי החזיון וימצאו קצבה מדויקת לכמות חומר הירח או משקלו. ואחרי אשר תוצאות החשבון האחרון הזה היו מכוונות אל תוצאות החשבון הראשון (מפעולת הכח המושך הנראתה בהתרוממות מישור מי הים), הנה מובן מאליו, כי החשבון הוא נכון ומדויק.

שני אופני החשבונות האלה ועוד אופן שלישי (נטית הקו המשוה הצדה משטח מסלול היקף הארמה סביב השמש) הוכיחו את התוכנים לדעת, כי **משקל הירח הוא אחד אחוז משמונים ואחד במשקל כדורי האדמה.**

המשקל אשר לירח הוא בערך 74 סעקסטיליון קילוגרם. החומר אשר לירח הוא איננו מוצק כחומר אדמתנו כי אם דק ממנו בערך $^6/_{10}$. לעמת המים כבד חומר הירח רק בערך פי שלשה ורביע (בצמצום 3,27), זאת אומרת, כי אם נשים את כדור הירח בכף מאזנים אחת ובכף השניה נשים $3^1/_4$ כדורים כאלה של מים, ישאו יחד.

שאל ישאלו אותנו הקוראים, איך מצאו התוכנים קצבה למשקל השמש? הבה אפוא נגידה לכם איך נעשה הדבר הזה:

אנחנו כבר למדנו לדעת בפרקים הקודמים, כי מהירות מרוצת כוכבי הלכת במסלוליהם היא מרובה אצל הכוכב הסמוך לשמש, ובמדה שהכוכב רחוק מן השמש בה במדה תמעט מהירות מרוצתו במסלולו. החק השלישי בחקי קפלר הורה דעה, כי המרובעים או המספרים היוצאים מהכפלת הזמנים הדרושים

לכוכבי הלכת להשלמת תקופתם במסלוליהם, נערכים זה לעמת זה באותו היחס אשר יערכו זה לעמת זה המעוקבים או המכפלות המשלשות של מספר מדת המרחקים המפרידים בין השמש ובין כל אחד הכוכבים ההם (צר 64).

במלים אחרות: הגוף הרחוק ממרכז מסלולו פי שנים מאיזה גוף אחר ישלים את תקופתו במשך זמן שהוא שרש מרובע של המספר 8 (שהוא מעוקב המספר 2), והגוף הרחוק פי ארבעה ישלים תקופתו במשך זמן שהוא שרש מרובע במספר 64 (מעוקב המספר 4) וכו׳. אם נחפץ למשל לדעת כמה זמן היה דרוש להירח להשלים תקופתו במסלולו סביב אדמתנו לוא היה רחוק ממנה פי שנים מאשר הוא כעת. החשבון הוא קל ופשוט: נכפיל את המספר 2 (המורה את המרחק הכפול פי שנים) ע"י עצמו במכפלה משלשת או מעוקב והיה $2\times2\times2=8$; נוציא את השרש המרובע מן המספר הזה (8), ונמצא 2,84, והוא מורה אותנו לדעת כי מהירות מרוצת הירח תהיה אז מעטה ממרוצתה כעת כדי 2,84 פעם, או כי ידרש לו לתשלמת תקופתו במסלולו זמן גדול פי 2,84 מן הזמן הדרוש לו כעת, והוא זמן 77 יום.

ולמען דעת עד כמה יגדל הכח המושך של השמש מן הכח המושך של אדמתנו, דרוש לנו למצא חשבון לזמן שהיה דרוש להירח להשלים תקופתו לוא היה רחוק מאדמתנו כמרחק השמש מאתנו, 149 מיליון קילומיטר.

המרחק המפריד בינינו ובין השמש הוא גדול פי 385 ממרחק הירח מאתנו. נכפיל אפוא את המספר 385 במכפלה מעוקבת והיתה המכפלה $385\times385\times385$ — 57,066 625; נוציא את השרש המרובע מן המספר הזה ומצאנו 7553. המספר האחרון הזה יורה אותנו לדעת, כי לוא היה הירח רחוק מאתנו כמרחק האדמה מן השמש, כי עתה היה דרוש לו להשלמת תקופתו זמן ארוך פי 7553 מזמן השלמת תקופתו עתה, והוא זמן 206,330 יום או 566 שנה. והנה לוא הערך נעריך את הכח המושך של השמש בדרך ישר עם הכח המושך של האדמה כי עתה היינו באים לידי הכרה לדעת, אשר אחרי ראותנו כי

אדמתנו היתה יכולה להכריח את הירח להקיף אותה במסלול רחוק כזה רק במשך 566 שנים, בעת שהשמש מכריח את אדמתנו להקיף אותו במסלולה במרחק כזה במשך שנה אחת, הנה נראה כי כחו של השמש חזק פי 566 מן הכח המושך של האדמה. ואולם המספר הזה הנהו רק שרש מרובע מן המספר הנכון, וע"כ דרוש לנו לכפול אותו ע"י עצמו ונמצא מספר שלם 320,000 עם עודף בשברי המעשר, ויעלה לנו המספר לערך 324,000, והוא המספר המבוקש — המורה אותנו לדעת, כי הכח המושך של השמש הוא חזק פי 324,000 מן הכח המושך של האדמה, זאת אומרת כי כמות חומר השמש או משקלו הוא כבד פי שלש מאות ועשרים וארבעה אלף ממשקל אדמתנו.

הנה כן הראיתם לדעת, כי למצא חשבון למשקל הכוכבים הוא נקל מאד לכל איש אשר לא זרו לו כללי החשבון הפשוט.

גם לשאר הכוכבים הסובבים את השמש מצאו התוכנים קצבה למשקלם ע"י חשבון ערכין לעמת זמן תקופת הירחים המלוים אותם בדרכם, אחרי שנמדד המרחק בינותם בדיוק, כמו שהגדנו למעלה. ומשקל כוכבי הלכת שאין למו ירחים מלוים אותם נמצא בעזרת הערכת פעולת הכח המושך שלהם הנראתה על כוכבי לכת אחרים א) או על כוכבי השבט.

גם להכוכבים הקבועים ועומדים למראה עינינו יכולים לקצוב קצבה למשקלם אם יצלח ביד התוכנים למצא איזה כוכבים אחרים סובבים אותם ומקיפים סביבם ע"י הכח המושך אשר להם.

א) כחזיון אשר הזכרנו למעלה בפעולת הכח המושך של הירח, כי בעת שהוא נמצא מאחרי האדמה מחוץ למסלולה אשר מסביב השמש הוא מושך את הארץ ועוצר בעד מרוצת מהלכה במסלולה, כחזיון הזה נראה בכל כוכבי הלכת, כי כל אחד מהם נעצר מעט במרוצתו במסלולו בגלל אשר הכוכב הנמצא מחוץ למסלולו הרחק ממנו מושך אותו ועוצר בעד מרוצתו. החזיון הזה נודע אצל התוכנים בשם „שביתה במהלך הכוכבים".

יא.

כל כוכבי הלכת.

צבא השמש לאחד אחד. מסע במרחביה, תכונת כל כוכב בלבדו, מראהו, גדלו, כובד משאו, מרחקו מן השמש, זמן תקופתו.

הבה נעבור אל פני צבא השמש לאחד אחד ונתבונן אל תכונת כל אחד מהם בלבדו. מובן מאליו כי עלינו להתחיל את מסענו כעת מן הכוכב הקרוב יותר אל השמש הוא כוכב (מערקור), וממנו נעבור הלאה מאחר למשנהו הרחוק ממנו, עד אשר נגיע אל האחרון שבכוכבי הלכת הנודעים לנו הוא נפטון.

כוכב (מערקור)

את הכוכב הזה נפגוש בראשונה בדרכנו אשר אנו הולכים: ממרכז מסלולנו מן השמש במרחק 15 מיליון ליה. ובכן יהיה מסלול כוכב בתוך מסלול אדמתנו פנימה והוא נמצא בין השמש ובין האדמה, ואנחנו נראה את הכוכב הזה פעם מתחת השמש ופעם מעבר השמש ומעלה, פעם מעבר מזרח השמש ופעם מצד מערבה. ויען כי גם הכוכב הזה מאיר לנו באור החוזר מן השמש כמו הירח, ע"כ נראה גם בו תבנית חסר ומלא כמו שאנו רואים בירח. אכן דבר זה יראה רק בקנה צופים בלבד, כי לרגלי מרחק הכוכב מאתנו תקטן מדת גדלו לעינינו עד שאיננו רואים רק נקודה קטנה נוצצת, מבלי יכולת להבחין את חסרונו ומלואו. בעת שהוא נמצא בינינו ובין השמש אין אנו יכולים לראותו בשמים יען כי הוא חשוך למראה עינינו, ורק כאשר יעתיק מקומו הצדה נראהו כתבנית מגל מואר כמו הירח סמוך להמולד, ובעת שהוא נמצא בקצה מסלולו מצד השמש, אז נראה חציו מואר, כמו הירח בשמיני לחדש או ברבע האחרון לחדש. אמנם מעולם

לא נראה כוכב במלואו גם בעזרת קני הצופים, כי בעת שהוא בתקופת מלואו אז הוא נמצא ממעל להשמש מעבר השני, והאור הגדול של השמש יעמם את האור החוזר מן הכוכב ולא יורגש לעין הצופה.

בגלל קרבת מסלול כוכב אל השמש יכולים אנחנו יושבי הארץ לראותו רק סמוך לשקיעת החמה או סמוך לזריחה בבוקר, ולעולם לא נראהו בלילה רק בין הערבים. אך בעזרת קני הצופים יכולים התוכנים לראותו גם בעצם היום.

כוכב הנהו הקטן בכל כוכבי הלכת הסובבים את השמש (חוץ מקבוץ כוכבי הלכת הקטנים הסובבים בין מאדים וצדק). גדל מדת כוכב הוא פחות כדי 18 פעם מגדל אדמתנו בכמות חמרו; שטח פניו קטן פי שבעה משטח פני כדור אדמתנו, ומדת קוטרו היא מעט יותר משליש מדת קוטר האדמה, והיא 4753 קילומיטר, ויצאה לנו מדת היקפו 14,924 ק"מ.

החריצים והבקיעים הנראים לעינינו על פני כוכב בקצה גבול חציו המואר מוכיחים לדעת, כי שטח פניו איננו מישור כי אם ארץ הרים ובקעות, והיו ההרים הרמים מוארים באור השמש והבקעות מכוסות צל חשך וע"כ יראו לעינינו החריצים והבקיעים ההם. מלבד ההרים והבקעות אשר על פני כוכב נוכחו התוכנים לדעת, כי הכוכב הזה עוטה מעטה אויר כאדמתנו ועננים ואדים עבים נשאים על כנפי האויר ההוא בכל עת תמיד.

כוכב מקבל מאת השמש שפע אור וחום יותר מכל שאר כוכבי הלכת, הוא משלים תקופתו סביב השמש במשך 88 יום, והיתה אפוא שנת כוכב קצרה משלשת ירחי הארץ. במשך העת הקצרה הזאת משתנה מדת מרחקו מן השמש חליפות שנוים גדולים מאד: פעם יתראה השמש ליושבי כוכב בגודל מדתו פי ארבעה מאשר יראה לעינינו יושבי האדמה ופעם יתראה בגודל פי עשרה ממדת גדלו לעינינו. סבת השנוי הזה היא התקרבו והתרחקו לעמת השמש במסלולו העליפסי.

אם אמנם כבד מאד על התוכנים להתבונן היטב אל הכוכב הזה בגלל אשר לא יתרומם בלילה על חוג האופק, בכ"ז עלתה בידם לחקור ולדעת כי האויר העוטה אותו הוא עב הרבה יותר

מן האויר העוטה את אדמתנו אנו.

משקל כוכב הוא קטן פי חמשה עשר ממשקל אדמתנו. ויען כי במדת גדלו הוא קטן מן האדמה פי שמונה עשר, ע"כ נמצא חשבון, כי חומרו מוצק יותר מחומר אדמתנו כדי $1/_6$. הקצבה הזאת היא רק בערך ממוצע, ואולם כפי הנודע משתנים הגופים במדת עֳבים תכלית שנוי לפי הרכבת יסודותיהם ובל"ס יש גם שם על פני כוכב גופים שונים כמו על פני אדמתנו אנו, יש מוצקים יותר ויש דקים מהם. הכח המושך על פני כוכב הוא קטן יותר מחצי הכח המושך על פני אדמתנו; משא קילוגרם אחד פה על פני האדמה יתמעט במשקל שם על פני כוכב עד 439 גרם. בגלל הדבר הזה יהיו הברואים הגדולים כמו הפיל, סוס הים (היפופוטם), המאמוט וכדומה מן החיות הגדולות אשר לנו, הברואים הגדולים האלה הכבדים במשקלם פה על אדמתנו יהיו שם על פני כוכב קלים לרוץ כצביים ועופר האילים וגם הנשא ינשאו על כנפי הרוח. יכולים אנחנו לשער לנו בדמיוננו מה רב הוא ההבדל הרב בכובד משא הגופים, הנה מדרגת החום גבוהה היא שם על פני כוכב מאד מאד למרות היותו עטוי מעטה אויר מלא אידים עבים, כי הכדור כלו הנהו קטן במדתו ושנוי האקלימים איננו גדול; חומר הגופים החיים והדוממים איננו מוצק כחומר הגופים אשר לנו. נוסף על אלה הנה הכוכב סובב על צירו רק פעם אחת במשך כל ימי השלימו תקופתו סביב לשמש (כמו הירח אצלנו) א), וע"כ פונה תמיד חציו האחד אל מול פני השמש והיה ליושבי החצי ההוא יום תמיד, יום עולם הוא, ואין ליושבי כוכב מושג השתנות העתים וחלוקת הזמן למועדים וימים ושנים. יכול להיות כי אין שם גם זקנה וילדות שהן תוצאות חליפות העתים, ומי יודע אם שורר שם חק המות! מה מאד תכסוף נפש האדם לחיים כאלה ומה מאד נפלאים הם מאתנו...

נוגה (וועניס).

אחרי כוכב נפגוש בדרכנו, בהרחיקנו ללכת מן השמש

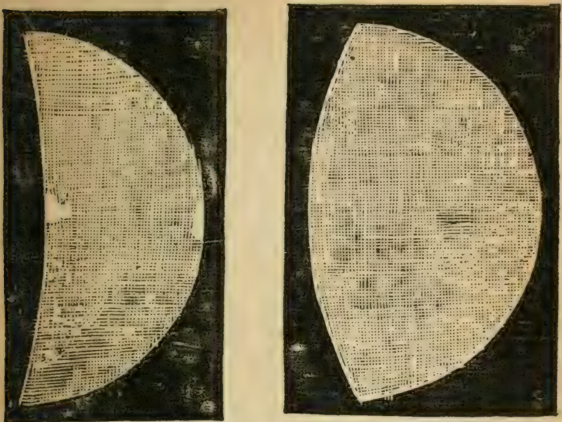
א) דבר נגלה להתוכנים בשנת 1889 ע"י התוכן טשאפארעללי.

הלאה, את הכוכב נוגה. מסלול הכוכב הזה נמצא בין אדמתנו ובין כוכב, כי כוכב הוא הראשון בכוכבי הלכת וכדור אדמתנו הוא השלישי בשורה במדינות ממלכת השמש הגדולה והרחבה. כוכב סובב את השמש במסלולו במרחק 15 מיליון ליה, ואדמתנו סובבת במסלולה הרחוק מן השמש 37 מיליון ליה, והיה אפוא מסלולו בין כוכב ואדמה.

לנו יושבי הארץ יהיה הכוכב נוגה הנוצץ ביתר שאת ויתר עז בכל כוכבי השמים. ויען כי מסלולו הוא בתוך מסלול אדמתנו וקטן ממנו ע"כ יראה לנו הכוכב הזה גם הוא כמו הכוכב הראשון תמיד בקרבת השמש, ואורו החוזר הוא חזק מאד אשר על כן נקרא בעברית בשם „נוגה", ואולם יכול הוא להתרחק מאתנו יותר מן כ ו כ ב א). בעת שהוא נמצא במסלולו לפני השמש הוא מופיע לעינינו תמיד ממזרח לפני צאת השמש כשעה או שתי שעות ולפעמים גם שלש שעות. על כן נודע הכוכב הזה מדורות עולמים בשם „כוכב השחר", גם קראוהו הקדמונים בשם „כוכב הרועים", „הצפירה" (לוציפער), ובעת שהוא נמצא במסלולו מאחרי השמש, הוא מופיע לעינינו תמיד ממערב אחרי מבוא השמש כשעה או שתים ולפעמים גם שלש שעות אחרי שקיעת החמה, וע"כ הוא נודע גם בשם „כוכב הנשף". גם הכוכב נוגה כמו הקודם לו נראה לעיני הצופים עליו בקנה המצפה פעם במלואו ופעם בחסרונו כתבנית הירח; הוא נראה בלילה בגובה האופק ויכולים להתבונן אליו ולראותו תמיד, ואולם בגלל אשר אורו חזק מאד בלילה והוא מפריע בעד ההתבוננות היתרה אל תבנית שטח פניו, ע"כ נחקקה תבניתו להתוכנים רק ממראה יומם. הנה לפניכם שתי תמונות שנחקקו ע"י התוכנים בשנת 1890 האחת ביום 17 לירח אפריל משעה $4^3/_4$ עד שעה 7

א) הקורא ישים לנגד עיניו את מפת צבא השמש שנספחה בסוף הספר.

לפנות ערב והשנית ביום 26 סעפטעמבר משעה 1 עד שעה 5 אחרי הצהרים.



ציור לה.

הכוכב נוגה סובב את השמש במסלולו ומשלים הקופתו במשך 224 יום ושש עשרה שעות, ודרך מהלכו גם הוא אל עבר השמש מערבה כמהלך אדמתנו אנו. ולפי שהתבוננו התוכנים לדעת בימים האחרונים גם הוא, כמו כוכב, פונה תמיד בחציו האחד אל מול פני השמש, ומשלים תקופתו על צירו רק פעם אחת במשך כל זמן תקופתו במסלולו סביב השמש; ובגלל הדבר הזה יהיה גם ליושבי נוגה יום תמיד על פני חציו האחד, ועל פני חציו השני פרושה תמיד חשכת ליל. אכן ההחלטה הזאת על אדות נוגה איננה נכונה במדה כזאת שהיא נכונה על אדות כוכב.

לפי מדת גדלו דומה הכוכב נוגה אל כדור האדמה יותר מכל שאר כוכבי הלכת. קוטר נוגה שוה כמעט לקוטר אדמתנו. ובשימנו אל לב, כי הכוכב צדק למשל גדול במדתו פי 1279 מן האדמה, שבתאי — פי 719, אורן — פי 69, נפטון — פי 55, נמצא כי האדמה למולם היא כגנם בפני ענקים; ומעבר מזה

נמצא, כי הכוכב מאדים הוא רק חמשה עשר אחוזים למאה במדת גודל אדמתנו, כוכב — חמשה אחוזים למאה, והירח הוא רק חלק אחד אחוז מארבעים ותשעה במדת גודל האדמה, והגדול שבכוכבי הלכת הקטנים הסובבים את השמש במסלול שבין מאדים וצדק יכיל רק איזה מאות קילומיטר מעוקבים, — והקטנים שבהם יכילו רק איזה קילומיטר מעוקבים, — בשים לב אל כל זה נמצאנו למדים כי נוגה ואדמה השוים במדת גדלם כאחים התאומים המה בצבא השמש.

התוכנים שהתבוננו התבוננות עצומה אל פני הכוכב נוגה מצאו עליו רכסי הרים גבנונים, וגם הצליח בידם למדוד גובה ההרים ויוכחו לדעת, כי ההרים ההם רמים ונשאים בגבהם הרבה יותר מן ההרים הגבוהים והנשאים אשר על פני אדמתנו אנו. גם גלו התוכנים מציאות מעטה אויר עב על פני נוגה, וכמו במעטה האויר אשר על אדמתנו כן גם במעטה האויר על פני הכוכב נוגה מתנשאים עננים וארים כבדים המתפשטים במרחב רב. בגלל האויר החזק הנוצץ על פני נוגה וברק נגהו המיוחד יש ידים להשערה, כי מעטה האויר העוטה את הכוכב הזה איננו שקוף גם בעת שהוא טהור מעננים, ואנחנו רואים אך את פני מעטה האויר מלמעלה ולא נוכל לראות את פני קרקע אדמתו, כמו שרואים אנחנו את קרקע הירח או קרקע הכוכב מאדים.

עד השנים האחרונות עוד היו יכולים להטיל בספק את מציאות מעטה האויר על פני נוגה, ואולם עתה יש ביד התוכנים מופתים נאמנים שאין לפקפק באמתתם, המוכיחים לדעת מציאות האויר על פני הכוכב הזה, ולא רק ע"ד מציאותו יודעים התוכנים כי אם גם את הכונת האויר ההוא, את מזגו ואת מהות חמרו וחלקיו היסודים הם יודעים ומכירים, וגם גובה האויר ההוא גלוי וידוע לפני התוכנים. אוירו של נוגה הוא עב המזג פי שנים מאויר אדמתנו ומכסה את פני הכוכב בגובה רב מאשר יכסה אוירנו את אדמתנו, והוא מלא ארים יותר מאוירנו.

אך בתכונה אחת יבדל הכוכב נוגה מאדמתנו אנו והיא: חסרון שנוי העתים וחליפות הזמנים, כי כאשר אמרנו למעלה אין שם יום ולילה ועתות השנה ורק יום תמיד שורר על פניו המפנים

אל מול השמש וליל עולם על פני עברו השני. מה המה הברואים השוכנים עליו? אין אנו יכולים להגיד, ואולם זאת נדע, כי מיד הטבע לא יבצר לברוא בריאות שונות לאין תכלית. מה רבו מעשיך ה'!

מ א ד י ם (מארס).

מאחרי מסלולי כוכב ונוגה, במרחק 37 מיליון ליה מן השמש, נמצאה ארמתנו עם הירח המלוה אותה. היא כבר נודעת לנו לכל פרטיה, כי ממנה התחלנו את דברינו בספרנו זה, וע"כ בנסענו הפעם דרכנו ממרכז צבא השמש לעבור על פני כוכבי הלכת, אין לנו צרך להתמהמה פה, כי אם נסע ונלכה הלאה ונעזוב הפעם את מסלול אדמתנו ונרחיקה ללכת עד בואנו אל הכוכב הרביעי הוא מ א ד י ם. מסלול הכוכב הזה הוא הראשון במסלולי כוכבי הלכת הנמצאים מחוץ למסלול אדמתנו, ואשר מאחריו ישתרעו ברחבי אין קץ מסלולי הכוכבים: צדק, שבתאי, אורן ונפטון, איש אחרי אחיו כאופן בתוך אופן במרחקים ידועים;

בגלל נוגה אורו יחשב הכוכב מאדים למראה עינינו בין הכוכבים מן המדרגה הראשונה. הוא מצטין בברק אורו ובמראהו הארום, ועוד מימים קדמונים הוא נראה בצבעו הזה, אשר על כן קראו לו בעברית שם „מ א ד י ם".

הכוכב הזה סובב את השמש במסלול עליפסי אשר מרחקו הממוצע מן המרכז הוא מהלך 56 מיליון ליה, ויען כי מסלול האדמה רחוק מן המרכז הוא השמש רק מהלך 37 מיליון ליה, ע"כ יהיה מרחק מסלולו של מאדים ממסלול אדמתנו מהלך 19 מיליון ליה. אכן בגלל אשר מסלול הכוכב הזה הוא מתארך יותר ממסלול אדמתנו לעמת רוחב המסלול, לכן יש אשר יתקרב מאדים אל האדמה ויש אשר הוא מתרחק ממנה. גם מסלול אדמתנו הוא עליפסי, וע"כ יש אשר אדמתנו מתרחקת יותר מן השמש ומתקרבת אל מסלול מאדים. והנה תוצאות התקרבות מאדים אל המרכז וההרחקות אדמתנו מן המרכז תהיינה, כי אחת לחמש עשרה שנה יהיה המרחק המפריד בין אדמתנו ובין מאדים

רק מהלך 14 מיליון ליה. דבר זה היה בפעם האחרונה בשנת 1892.

מדת קוטר מאדים היא 6,728 קילומיטר. היקפו 21,125 קילומיטר. ובכן גודל כדורו הוא פחות מגודל כדור אדמתנו. שטח פניו הוא 29 אחוזים למאה בשטח פני האדמה, וגודל הכדור בכמות חמרו הוא 15 אחוזים למאה בכמות חומר אדמתנו. ובהיות גודל מרתו בכמות חמרו כדי ששית וחצי ממדת גודל האדמה הנה הוא גדול מן הירח פי שבעה וחצי ומן כוכב הוא גדול פי שלשה. משקל מאדים הוא קל מן האדמה פי תשעה. אם נערוך משקל כדור אדמתנו במספר 1,000 יהיה משקל מאדים 105; והיה אפוא מזג חומר מאדים לא מוצק כחומר האדמה כי אם דק ממנו, ואם נערוך קצבה למזג חומר אדמתנו במספר 1,000 תהיה קצבת מזג חומר מאדים רק 711, שהוא בערך $^{7}/_{10}$.

הכוכב הזה סובב על קוטרו פעם אחת לכל זמן 24 שעות 37 מינוט 23 זקונדין. ובכן יהיה ארך היום והלילה על פני מאדים כמעט כארך היום והלילה אשר על פני אדמתנו, ואך בהוספת זמן מצער כחצי שעה. והיתה אפוא תקופת מאדים על צירו כתקופת האדמה על צירה, והזמנים והשעות ליושבי הכוכב ההוא יחלפו ויעברו עליהם באותה מדה שהם חולפים ועוברים לנו, וחזיונות החיים אשר מקורם בחליפות העת יהיו שוים ליושבי שני העולמות גם יחד.

תקופת מאדים על קוטרו הדומה לתקופת הארץ על קוטרה נתנה יכולת להתוכנים להכיר את זוית נטית קוטרו ממסלולו הצדה, שהיא גם היא כנטית קוטר אדמתנו ממסלולה, ומזה יצא לנו, כי גם ליושבי מאדים יש ארבע תקופות השנה כמו ליושבי האדמה, וגם שם על פני מאדים יש אקלימים שונים: אקלים או אזור חם, אזורים קרים ואזורים ממוצעים, כמו שלמדנו לדעת אצל האדמה. גם יש ליושבי מאדים לגלילותיו ימים ארוכים ולילות קצרים וימים קצרים ולילות ארוכים חליפות בתקופת השנה אשר להם.

אולם תקופות השנה ליושבי מאדים ארוכות יותר מתקופות השנה אשר לנו יושבי האדמה. כי שנת יושבי מאדים היא ארוכה

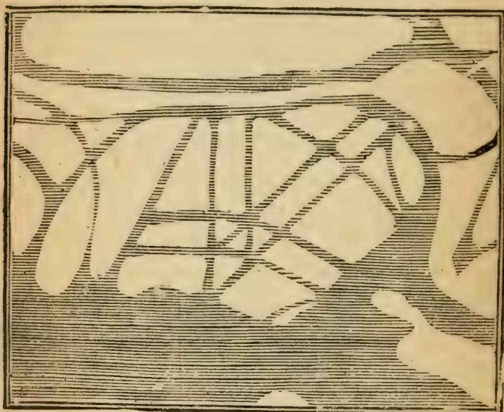
ומספר ימיה הוא 687 ימים שלנו, והיתה אפוא כל הקופה ותקופה מארבע התקופות השנה ארוכה פי שנים מתקופה אשר לנו.

אכן כל יום ויום ליושבי מאדים ארוך מיום שלנו כדי 37 מינוט, ועל"כ יהיה מספר ימות השנה להם 668, זאת אומרת כי במשך הקופת מאדים במסלולו הארוך סביב לשמש הוא סובב על צירו שש מאות וששים ושמונה פעמים, בעת אשר אדמתנו אנו סובבת על צירה במשך הקופתה במסלולה רק שלש מאות וששים וחמש פעמים.

זה יותר משנתים ימים מתבוננים התוכנים לחקר חליפות הזמנים והתקופות אשר תעבורנה על פני יושבי מאדים וחזיונות השנויים המתהוללים שם במזג האויר לאקלימיו, וכבר הכירו לדעת את כל אלה לפרטיהם; רואים המה: איך יכוסו שני צירי מאדים ברגבי קרח חליפות לתקופות שנה שנה, איך יפול שם השלג וימס, איך התחולל שם סופה ואיך יטהרו השמים ואור צח זרוע על פני אדמת מאדים, הכל כאשר לכל תראה עין הצופה המתבונן אל הכוכב הזה בשקידה בכל ארבע תקופותיו. חליפות ותמורות אלה בחזיונות הרוח על פני מאדים נודעות עתה לתוכנינו בדיוק נמרץ, עד שהם יכולים להגיד מראש מתי יתחולל כל אחד מהם. מתי יתרחב הים הקרח על פני ציריו ועד כמה תשתרע לבנת הקרח והשלג ההם, מתי ימס הקרח וכו'. מעטה האויר הפרוש על פני מאדים מסביב הוא כמעטה האויר העוטה את אדמתנו.

גם הצליחו התוכנים לתאר בשרד את חלוקת הים והיבשה אשר על פני מאדים ויש לנו מפת הכוכב הזה ערוכה ומתוקנת כיום הזה. לפי מפת גלילות מאדים הערוכות בידי התוכנים נראה, כי בעת אשר לאדמתנו אנו אך חבל אחד מארבעה הוא יבשה ושלשת חלקי הארץ מכוסים בים, הנה הים והיבשה על פני מאדים שוים בחלוקתם, וגם אמנם היבשה רחבה מעט משטח פני הים. בשעה שיבשת אדמתנו היא רק בתבנית איים בולטים מן הים הרחב, הנה שם על פני מאדים יהיו חלקי הים בתבנית אגמים בתוך הארצות, כעין הים התיכון אשר לנו. על פני מאדים אין ים אוקינוס ולא ים שקט, והנוסע החפץ לסוב את כל הכדור יכול לאחוז דרכו ביבשה באין צרך לעבור ארחות ימים. אכן

בחלקי היבשה רואים התוכנים על פני מאדים כתבנית תעלות רבות נמשכות מים אל ים, וגם התעלות מתחברות אשה אל אחותה בעזרת תעלות קטנות חפורות ביניהן, ויש ידים להשערה, כי התעלות חפורות הן בידי אדם יושב מאדים ולא מידי הטבע נעשו. והננו נותנים לפניכם בזה תבנית מקצת מפת מאדים הערוכה בידי התוכנים.



ציור לה.

התוכנים הגיחו, כי הכתמים השחורים הנראים על פני מאדים הם חלקי הים, והלבן שעל פניו הוא חלק היבשה, בגלל אשר טבע המים הוא לבלוע קרני אור וע"כ לא ישובו קוי האור החוזר מעל פני הימים במדה כזאת שהם שבים מן היבשה. כי יש מים על פני מאדים, הוא דבר נעלה מעל כל ספק, כי הנה מעבר מזה יוכיחו אמתתו חזיונות התכסות ימי הצירים ברגבי קרח, ומעבר מזה תוכיחנה גם בחינות הפרדת קרני האור (ספעקטראל=אנאליז) את מציאות המים על פני הכוכב הזה. מראה פני הים אשר על מאדים הוא ירקרק ומראה היבשה הוא צהוב־אדמדם; בל"ס הוא צבע הצמחים אשר על פניו.

כבר מלתנו אמורה למעלה, כי מזג חומר מאדים איננו

מוצק כמזג חומר אדמתנו, והמזג הזה נערך במספר $^7/_{10}$ במדת מזג חומר האדמה. ומעבר מזה יודעים אנחנו, כי משקל מאדים הוא רק אחד מתשעה במשקל אדמתנו, ומזה נמצאנו למדים, כי משקל הגופים הנמצאים על פני מאדים הוא קל מאד, בגלל אשר הכח המושך אותם הוא רפה. כל גוף אשר משקלו על פני אדמתנו יערך במספר 1,000, בבואו על פני מאדים יקל משקלו עד 376, או במלים אחרות: גוף שמשקלו על פני אדמתנו הוא קילוגרם, יהיה משקלו על פני מאדים רק 376 גרם. גוף אדם בינוני אשר משקלו על פני האדמה הוא 70 קילוגרם יקל במשקלו על פני מאדים עד 26 קילוגרם.

בכל סגולות הכוכב מאדים ותכונתו כפי אשר למדנו לדעת הוא שוה אל אדמתנו: גם לו אויר ומים, רוחות ושלג ומטר, יום ולילה, ארבע תקופות בשנה קור וחום, קיץ וחרף, והיו אפוא תנאי החיים ליושבי מאדים שוים לתנאי החיים על אדמתנו; ורק קלות משקל הגופים, הבאה מרפיון הכח המושך אשר להכוכב הזה, היא מחוללת בלי ספק תנאי חיים שונים מתנאי החיים על אדמתנו.

יהיה איך שיהיה ואנחנו צריכים להביט על הכוכב הזה לא כעל גוף מת הסובב ברחבי השמים סביב השמש בכח משיכתו, כי אם עלינו לראות את מאדים בתור עולם מלא חיים וצמחים הדומה לתבל ארצנו, ואשר הבנית פניו התן לנו תמונות יפות מרהיבות עין. זה הוא עולם חדש אשר לא יוכל כל קלומבוס להגיע אליו באניתו, ובכ"ז גלוי וידוע הוא לפנינו, ובו הושבים עובדי עבודה, ברואים חיים ונבונים, חושבי מחשבה והוגי דעה במונו בסודות הבריאה.

כוכבי הלכת הקטנים.

נעזבה נא את הכוכב מאדים ונסענו דרכנו מעבר למסלולה הלאה והתרחקנו עוד יותר מן השמש למען הגיע אל הכוכב צדק, והנה בדרכנו נפגוש המון כוכבים קטנים אשר מספרם למאות יגיע, והמה סובבים הולכים סביב לשמש מפוזרים ומפורדים במסלול רחב כמאה מיליון ליה. והיה המסלול הזה דומה לאזור

רחב אשר צדו פנימה רחוק מן המרכז הוא השמש, כמהלך שבעים מיליון ליה וצדו החיצוני רחוק מן המרכז כדי מאה מיליון יותר או מרחק 170 מיליון ליה א).

עד כה מצאו התוכנים במסלול הרחב הזה יותר משלש מאות כוכבי לכת קטנים, ולא תעבור שנה אחת על העומדים על מצפה הכוכבים מבלי הגלות לעיניהם מדי פעם בפעם כוכבים חדשים במקום הזה מסביב לשמש, ובכל מפת הכוכבים העומדים אשר יערכו התוכנים חדשות לבקרים יגלו לעינינו כוכבים אשר לא נראו במפות הקודמות, וכאשר יתבוננו אליו היטב יוכחו לדעת, כי הוא כוכב לכת מהמון כוכבי הלכת הקטנים אשר על אדותם נדבר הפעם. כל המון הכוכבים האלה איננו נראה לעין הצופה בלי עזרת קנה מצפה, ורק בכלי הצופים המה נראים במדת גדלם, והם קטנים מאד לעמת כל שאר הכוכבים, ונמנים אל המדרגה העשירית וגם השלש עשרה במדרגות הכוכבים לפי גודל מדתם. החוקרים משערים, כי הכוכבים הקטנים האלה הם שרידי אחד כוכבי הלכת אשר סבב בימי קדם במסלולו בין מסלולי מאדים וצדק, ואך הכה לרסיסים ויתפוצץ לחלקים דקים, והם סובבים עד היום הזה בגלילות מסלולם הקדמון. בגלל קטן מדתם אין התוכנים יכולים להתבונן היטב אל שטח פני כל אחד מהם ולתאר תבניתם.

צדק (יופיטר).

הננו הולכים וקרובים אל העולם הגדול „צדק" הנמצא במרחק 192 מיליון ליה מן השמש, זאת אומרת במרחק רב יותר מפי חמשה ממרחק אדמתנו מן השמש. שם מקיף הכוכב הזה את השמש במסלול הנמצא מחוץ למסלול אדמתנו והוא רחב יותר מפי חמש ממסלול אדמתנו. הכוכב הזה מתנועע והולך במסלולו במתינות יתרה ודרוש לו להשלים תקופתו בכל מסלולו זמן שתים עשרה שנותינו. בדיוק נמרץ המשך התקופת צדק במסלולו זמן 4332 יום שלנו, שהם 11 שנה, 10 ירחים ושבעה עשר יום.

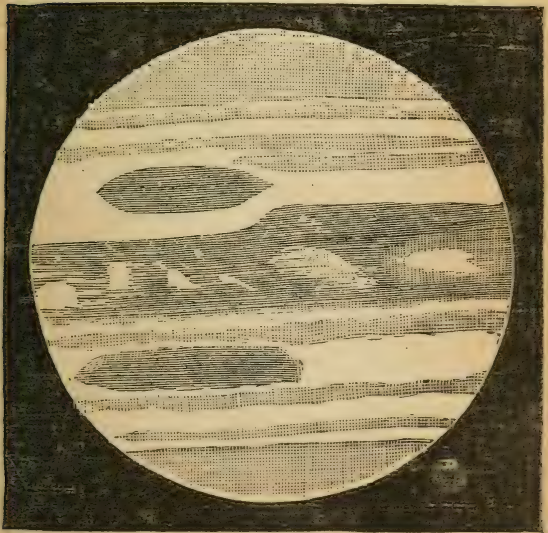
א) הקורא יביט אל הציור הנספח אל סוף הספר המתאר מפת כל צבא השמש.

הכדור הזה איננו עגול אל כל צדדיו, אבל הוא רחב באמצעו על הקו המשוה וקצר לעמת שני צירים, באופן אשר קוטרו הנמשך מציר אחד אל משנהו קטן מן הקוטר הנמשך מאחת נקודות הקו המשוה אל הנקודה אשר ממולה כדי $^1/_{17}$. את תמונת הכוכב הזה יכיר על נקלה כל צופה עליו בעזרת קנה מצפה.

קוטר צדק הממוצע ארוך פי 11 מקוטר אדמתנו: מדת ארכו היא 140,926 קילומיטר. מדת היקפו של צדק היא 442,509 קילומיטר. בכמות חמרו גדול צדק מן האדמה פי 1279, וכובד משקלו הוא פי 309 ממשקל האדמה. על כן יהיה הכח המושך אשר לצדק תוק פי $2^1/_2$ מן הכח המושך אשר לאדמתנו על הגופים הנמצאים עליה: גוף אדם בינוני שמשקלו על האדמה הוא 70 קילוגרם ישקל על צדק 174 קילוגרם.

תבנית פני הכוכב צדק הראה לעיני הצופים עליו בעזרת קנה־מצפה כתמונה אשר אנחנו נותנים לפניכם בזה:

ציור לז.



הבהרות הנראות על התמונה בזה נשקפות לעיני הצופים על פני צדק מאז נראה הכוכב בפעם הראשונה בעזרת קני־המצפה ועד היום הזה. ובכן נודע כי הבהרות האלה הן קבועות ועומדות על פני הכוכב. אולם לפעמים רואים התוכנים גם על המקומות הלבנים על פני צדק בהרות שונות, והן כתמים עוברים; גם רואים על פני צדק גבעות ועמקים.

כאשר יביט הצופה בקנה־המצפה על הכוכב הזה וכונן מבטו אל אחת הבהרות הקבועות, יראה, כי היא נעתקת ממקומה לאט לאט ממזרח למערב ובמשך חמש שעות תחלופנה כליל, ושבו והופיעו אחרי חמש שעות שנית. מן החזיון הזה נוכח לדעת, כי הכוכב צדק סובב על קוטרו בכל עשר שעות. אכן מהראוי לדעת, כי הבהרות הקבועות האלה אינן מחוברות אל קרקע צדק ורק הן תלויות במעטה האויר העוטה את הכוכב, וע"כ לא תהיה תנועת הבהרות מצומצמת עם תנועת הכוכב סביב לקוטרו, ואולם אחרי התבוננות עצומה פעמים רבות נוכחו התוכנים לדעת, כי תקופת צדק על קוטרו נמשכת בעשר שעות פחות ששה רגעים, והיתה מדת היום על פני צדק רק ארבע שעות וחמשים ושבעה רגעים שלנו. ואם אמנם היום והלילה צריכים להיות שוים שם במדתם, בגלל אשר קוטר צדק איננו נטוי הצדה משטח מסלולו רק שלש מעלות, והיה מצב צדק לעמת השמש תמיד כמצב אדמתנו לעמת השמש בעת תקופת ניסן או תקופת תשרי שהיום והלילה שוים, בכ"ז תגדל שם מדת היום מן הלילה בגלל אור השחר והערב אשר יפרוש על פני שטח רחב יותר מאשר על כדור אדמתנו, כי הכדור רחב יותר מכדור אדמתנו. הכוכב צדק סובב את השמש ומשלים תקופתו במסלולו במשך זמן שתים עשרה שנותינו, ויען כי ימי צדק הם קצרים מאד ע"כ יהיה מספר ימי שנתו הארוכה 10,455. השנה הארוכה הזאת איננה מתחלקת לארבע תקופות, כי באין נטית הקוטר הצדה אין מקום לשנוי התקופות, ולעולם לא יורגש שנוי במדת היום והלילה, אין שם לא חרף ולא קיץ ורק אביב עולם שורר על פני הכדור, ורק הכדור נחלק לאקלימיו הקבועים אשר

מזג חומם לא ישתנה לעולם.

אכן ההתבוננות היתרה, אשר התבוננו התוכנים אל חזיונות התמורות והשנויים המתחוללים על פני צדק, הוכיחו לדעת, כי השנויים ההם באים לא מחום השמש בלבד כי אם גם מן החום הפנימי הטמון בחיק הכוכב ההוא, כי מעטה האויר העוטה את הכדור הוא עב ומלא אדים ועננים כבדים, והוא לוחץ על פני הכוכב בחזקה, וכי פני הכדור ההוא עוד לא התקשו ואינם מוצקים כפני אדמתנו. אין הדבר מוטל בספק, כי הכוכב הזה אף כי הוא נברא בטרם תברא אדמתנו בכל זאת עודנו עוצר חומו בקרבו במדה מרובה מארמתנו, כי כנודע ישמור כל גוף גדול את חומו זמן רב יותר מגוף קטן א). יכול להיות, כי החום הרב אשר לכוכב צדק עצום כל כך עד שהוא מפריע בעד קיום ברואים חיים על פניו, ואם אמנם איננו כדור לוהט מפיץ אור בכ"ז חומו רב הוא במדה כזאת אשר יחזיק את חומרו במצב נוזלי, או למצער רק קליפה דקה מאד על פניו החלה להתקשות. או יכול

א) אל הערתנו שלמדנו בצד 71 בפרק השמיני מספרנו זה על אדות סדר בריאת השמש וכל צבאה, אשר ילמדונו חכמי הטבע, עלינו להוסיף בזה עוד דברים אחדים: כמו גוף השמש כן גם גוף הקרעים שנקרעו ממנו ויהיו לכדורים בפני עצמם, המה כוכבי הלכת הסובבים את השמש כיום הזה. בגלל התכוצות הגוף והתקרב חלקיו הקטנים איש אל אחיו, חוללו הום עצמם, וההום הלך וגדול עד אשר היו הכדורים לגופים לוהטים, כדורי אש, כתבנית השמש היום; תקופת החום הכביר הזה נמשכה זמן מה, ולאט לאט יצא החום מן הגופים ואז החלו להתקשות ויהיו לכדורים מוצקים לרגלי התקררותם. מובן מאליו, כי כל גוף קטן מחבירו ממהר לאבד חומו ולהתקשות מן הגוף הגדול ממנו, וע"כ מהרו כוכבי הלכת הקטנים להתקשות ולאבד חומם בעוד שהגוף הגדול מהם, הוא השמש, בוער באשו הגדולה כיום הזה. החום אשר היה לכוכבי הלכת בתקופה הקדמוניה, בתחלת בריאתם, הוא החום הפנימי אשר להם. יש כוכבי הלכת אשר כבר אבד כל חומם, כמו למשל הירח הקטן מאד, ויש אשר אבד רק מקצת חומם מן השדרות העליונות אשר על פניהם, כמו למשל כדור אדמתנו אנו, אשר קליפתה העליונה התקשה לרגלי התקררותה ובבטן הכדור פנימה עודנו עצור החום הקדמון, ואש תמיד תוקד שם, כנודע מתורת מחקר בטן האדמה. וכדור הכוכב צדק, הגדול הרבה יותר מכדור אדמתנו, לא הספיקה לו העת להתקרר ולהתקשה במדה שהתקררה אדמתנו, וחומו הפנימי עודנו רב ועצום עתה.

להיות, כי הכוכב צדק עודנו כעת בתקופת תחלת בריאת היצורים על פניו, כתקופה אשר עברה בימים קדמונים על אדמתנו, בעת אשר החלה להוציא את הצמחים והחיים הראשונים אשר אבד כל זכר למו עתה. ההשערה האחרונה הזאת היא הקרובה יותר אל האמת לפי אשר יוכיחו החזיונות המופיעים על פני צדק לעיני התוכנים כיום הזה.

אל כל הדברים האמורים עד כה על אדות הכוכב צדק נוסיפה בזה, כי ארבעה ירחים מלוים את צדק בדרכו סביב לשמש, הירחים ההם סובבים את הכוכב במסלוליהם הרחוקים מן המרכז: האחד מהלך 430,000 קילומיטר, השני — 682,000 ק"מ, השלישי — 1,088,000 ק"מ והרביעי — 1,914,000 ק"מ, והם משלימים תקופתם במסלוליהם האחד בזמן יום אחד ושמונה עשרה שעות, השני — בשלשת ימים ושלש עשרה שעות, השלישי — בשבעת ימים וארבע שעות והרביעי — בששה עשר יום ושש עשרה שעות. הירח השלישי גדול במדתו מן הכוכב הראשון הסובב את השמש (מערקור) וכמות חומרו היא כמעט בחצי כדור אדמתנו.

שבתאי (זאטורן).

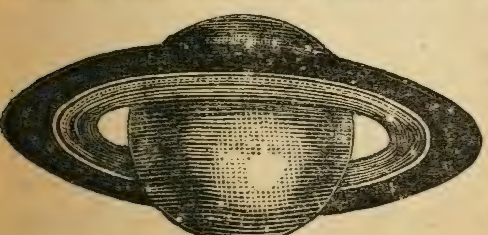
כאשר התרחקנו מעל האדמה ונתרומם לעלות במחשבתנו אל מסלול הכוכב מאדים עברנו מהלך 19 מיליון ליה; ממסלול מאדים אל מסלול צדק — מהלך 136 מיליון ליה; עתה בחפצנו לבא אל מסלול שבתאי עלינו לעבור בקפיצה אחת עוד דרך ארוכה מאד — מהלך 163 מיליון ליה, יען כי הכוכב הזה סובב במסלולו סביב השמש במרחק 355 מיליון ליה מן המרכז, הוא מרחק רב ועצום פי עשרה ממרחק אדמתנו מן השמש. למען השלים תקופתו במסלולו דרוש להכוכב הזה זמן 10,759 יום, שהם עשרים ותשע שנים ומאה וששים ושבעת ימים. מדת היקף כדורו של הכוכב שבתאי היא בערך מאת אלף ליה; קוטרו הוא גדול פי 9,30 מקוטר הארמה, והוא 118,500 קילומיטר; מדת שטח פניו רחבה פי שמונים וחמשה ממדת שטח פני האדמה, וכמות גדלו מרובה פי שבע מאות ותשעה עשר מכמות גודל

ארמתנו. אבן משקל שבתאי כבד הוא ממשקל ארמתנו רק פי תשעים ושנים, ומזה נמצאנו למדים, כי חומר שבתאי הוא חומר קל הרבה יותר מחומר האדמה, ולוא ישקלו שני גופים שוים בגודל מדתם, אחד מהם יהיה חומר ארמתנו ואחד מהם חומר הכוכב שבתאי, כי עתה יכבד הראשון מן השני כשמונה פעמים. מדרגת התעבות חומר שבתאי היא נערכת במספר מאה ועשרים ושמונת חלקי אלפים לעמת מדרגת התעבות חומר האדמה. חומר כזה היה צף על פני המים אשר לנו כעצי גפר.

כדור הכוכב שבתאי התכוץ ויתקצר משני ציריו הרבה יותר מן הכוכב צדק, מדת ההתכוצות הזאת היא בערך $^1/_{10}$ במדת הקוטר, זאת אומרת, כי קוטר שבתאי הנמשך מציר אחד אל משנהו קצר מן הקוטר הנמשך מאחת נקודות הקו המשוה אל נקודה אחרת מולה כדי עשירית מדתו; באופן הזה תהיה מדת הקוטר שבין הצירים 110,000 ק"מ ומרת הקוטר בקו המשוה תהיה 112,500 ק"מ. הכדור הגדול הזה סובב על צירו בכל עשר שעות וחמשה עשר רגעים, והיה מספר ימות שנתו 25,217!

גם לשבתאי ארבע תקופות השנה כמו לנו, ואולם כל אחת מתקופותיו ארוכה שבע שנותינו. האור והחום המגיעים אל הכוכב שבתאי מן השמש הם כהים ורפים פי תשעים מן האור והחום אשר לנו מאת השמש; אולם יכול להיות, כי האויר העוטה את הכדור ההוא עשוי לבלוע את כל שפעת קרני האור והחום מבלי הקיא ממנה מאומה.

בין כל צבא השמש מצטיין הכוכב שבתאי בתכניתו הנפלאת המיוחדת, והיא: כדורו מוקף בטבעת רחבה מאד כמראה אשר אתם מראים בזה בתמונה אשר לפניכם (ציור לז).



ציור לח.

הטבעת המקפת את הכדור נראית לעינינו בדמות עגול ארוך (עליפסי) ואנחנו רואים את קצהו התחתון הפונה למטה, וקצהו העליון הפונה למעלה מכוסה מעינינו בגוף כדורו של הכוכב.

הכוכב שבתאי איננו מאיר באור עצמו כי אם מאיר באור החוזר מן השמש ככל שאר כוכבי הלכת. הטבעת המקיפה את הכוכב נמצאת בגובה 20,000 ק"מ על פני הקו המשוה; מדת עוביה של הטבעת היא כמאה קילומיטר וקוטרה 71,000 ליה.

הטבעת נראית לעינינו בתבנית עגולים אחדים שחוברו למו כאופן בתוך אופן, והם מתגלגלים וסובבים את הכדור בזמנים ידועים: האופן התיכון הקרוב ביותר אל פני הכדור מישלים תקופתו במשך חמש שעות וחמשים רגעים והאופן הקיצוני — בזמן שנים עשר יום וחמשה רגעים.

מלבד הטבעת מלוים את הכוכב שבתאי שמונה ירחים הסובבים את כדורו במסלולים שונים.

אורן.

אנחנו נוסעים והולכים ברחבי צבא השמים והננו קרבים אל גבולם; הננו באים כעת אל מדינות ממלכת השמש אשר גלו לנו חכמי התכונה בימים האחרונים ולא נודעו לבני האדם בימים קדמונים. כי בימי קדם נחשב הכוכב שבתאי לאחרון שבכוכבי הלכת הסובבים את השמש. אך בשנת 1781 גלה התוכן ויליאם הרשל יליד האנובר שנדד לאנגליא עוד כוכב אחר בקצה גבול צבא השמש, וירחיב את גבול ממלכת השמש ממרחק 355 עד 733 מיליון ליה. את הכוכב החדש אשר גלה הרשל קראו בשם אורן.

במרחק הרב והעצום הזה, אשר ירחק הכוכב אורן מן השמש, יתנועע במסלולו במתינות יתרה, ולמען השליטו תקופתו סביב לשמש דרוש לו זמן שמונים וארבע שנותינו. אם יהיו תנאי החיים על פני הכוכב אורן כתנאי החיים על פני ארמתנו, והילדות והבחרות והזקנה תהיינה שקולות בפלס תקופת הכוכב סביב לשמש כמו ליושבי הארמה, כי עתה לנער בן עשר שנים

על פני אורן כבר עברו שמונה מאות וארבעים שנותינו, נערה בת שמונה עשרה שנה שהגיעה לפרקה תהיה כבת אלף ושבע מאות שנותינו, ועל זקן בן מאה שנה כבר עברו שמונת אלפים וארבע מאות שנה, זאת אומרת, כי הזקן אשר מלאו לו כעת מאה שנה על פני הכוכב אורן, נולד כארבעת אלפי שנה לפני הבנות אצלנו פארי־העמודים במצרים הקדמוניה...

מדת קוטר הכוכב אורן היא 55,400 קילומיטר, ועל כן תגדל מדת כדורו בכמות החומר ששים פעם ממדת כדור אדמתנו. אכן משקלו כבד מן האדמה רק פי ארבעה עשר, כי חומר אורן קל מחומר אדמתנו, ומדרגת התעבות החומר אשר לו היא רק $1/5$ במדרגת התעבות חומר אדמתנו אנו. ההתעבות הזאת היא מרובה מהתעבות חומר שבתאי ומעטה מהתעבות חומר צדק. את הכוכב אורן ילוו ארבעה ירחים, שהם סובבים אותו במסלוליהם לא ממערב למזרח, כירחים המלוים את שאר כוכבי הלכת, כי אם מסלוליהם נטויים הצדה ונתונים בין צפון ונגב, באופן אשר שטחם עד שטח מסלול הכוכב סביב לשמש יחוללו כעין זוית נצבת או זוית ישרה. אם מתאמת נטית מסלולי הירחים ההם עם נטית הקו המשוה של הכוכב, זאת אומרת אם מכונים הם המסלולים האלה עם תקופת הכוכב על ציריו, — לא נודע אל נכון. הן אמנם ראו יראו התוכנים על פני הכוכב אורן כעין בהרות ארוכות על הקו המשוה, אשר תמונתן דומה כמעט לתמונת הבהרות הנראות על פני הכוכב צדק, ומן העתקת הבהרות ההן יוציאו התוכנים משפט על אדות נטית הקו המשוה, ואולם מן החזיון הזה יצא להם חשבון, כי הוא נטוי הצדה ממסלולו רק בערך 58° מעלות. בגלל הנטית הזאת לא יצטיינו הגלילות אשר על פני הקו המשוה על פני אורן בחומם הרב יותר מגלילות הצירים, יען כי במשך השנה הארוכה ההיה לגלילות כל אחד הצירים עד רוחב 58° תקופה אחת אשר השמש תאיר ותחמם אותם תמיד בלי שקוע וירדת מתחת האופק. אמנם מה נפלא הוא קיץ ארוך כזה אשר ימשך זמן 21 שנותינו וכלו הוא יום ארוך, ומה נפלא הוא החרף הבא אחריו, אשר גם הוא כלילה אחד יהיה ליושבי הכוכב, ליל ארוך של אחת

ועשרים שנה! זה הוא עולם הפוך במלא מובן המלה. אולם גם מעבר מזה עלינו לשים אל לב, כי במה נחשבה התמורה בתקופות השנה לכוכב אורן, אחרי אשר השפעת אור השמש וחומה תבוא אליו באיפת רזון ועומה, אחד אחוז משלש מאות והשעים ממדת החום והאור המגיעים אלינו יושבי האדמה. השמש יראה על פני הכוכב אורן ככוכב קטן פי השעה עשר ממדת עגול השמש הנראה לעינינו יושבי האדמה, ובגלל הדבר הזה יקטן אורו וחומו כדי 390 פעמים.

האויר המקיף את אורן נבחן ונתנסה בעזרת הפרדת קוי האור (ספעקטראל־אנאליז). האויר ההוא מצטיין בסגולתו לבלוע קרני חום ואור במדה מרובה ולא להקיא, כמו אוירם של הכוכבים שבתאי וצדק. גם הוכיחה הבחינה לדעת, כי אוירו של אורן יכיל אדים שאינם נמצאים כלל אצלנו.

הנה כן יהיה ההבדל בתנאי החיים בין אדמתנו ובין הכוכב הזה כהבדל תנאי החיים שבין היצורים השוכנים בעמקי תהומות ים ובין היצורים השוכנים על פני היבשה. ועל כן יש להוציא משפט, כי לא יתכן לאורן להיות עולם נושב בברואים הדומים לברואים היושבים על אדמתנו.

נפטון.

אחרי אשר התגלות הכוכב אורן בשנת 1781 הרחיבה את גבול צבא השמש מן 355 עד 733 מיליון ליה הוסיפה חכמת התכונה בשנת 1846 להרחיב את הגבול הזה מן 733 עד 1100 מיליון ליה, כי אז גלה התוכן לֶיבֶריֶה עוד כוכב לכת אחד במרחק יותר ממיליארד ליה מן השמש, ויקראו התוכנים את שם הכוכב החדש נפטון. ובכן יתרחב מושג בני האדם על ארות רחבי אין קץ במדה אשר הרחיב חכמת התכונה את גבולותיה. מדת קוטר נפטון היא 48,000 קילומיטר; מדת שטח פניו גדולה פי ששה עשר ממדת שטח פני האדמה, ומדת גדלו בכמות חמרו גדולה פי חמשים וחמשה ממדת גודל אדמתנו בכמות חמרה. את הכוכב נפטון מלוה רק ירח אחד בדרכו סביב לשמש.

שנת נפטון, זאת אומרת זמן תקופתו במסלולו סביב השמש, היא מאה וששים וחמש שנות אדמתנו. וכמו שהעירונו לדעת בדברנו על אדות הכוכב אורן נעיר גם במקום הזה, כי אם יחיו הברואים על פני נפטון מספר שנים קצובות כמו הברואים השוכנים על אדמתנו, כי עתה יהיה שם יונק שדים בן מאתים שנותינו ונער שמלאו לו שנותיו לבוא בצבא יהיה בן שלשת אלפים ושלש מאות שנות חיינו פה עלי אדמות; וזקן בן מאת שנים של פני הכוכב ההוא ראה חיים 16,500 שנותינו! מובן מאליו, כי החיים לא יגוזו שם חיש מהר כמו אצלנו.

נקל להבין, כי לרגלי המרחק הרב והעצום המפריד בינינו ובין הכוכב נפטון, שהוא מהלך יותר ממיליארד ליה, יבצר מאתנו גם בעזרת קני המצפה המצוינים להתבונן אל תבנית פניו ולדעת איזה פרטים על אדותיו. באופן הזה נפלא מאתנו לדעת עד מה מהכונת הכוכב הזה וסגולות הטבע המיוחדות לו. אולם בכ"ז הצליחו התוכנים להכיר לדעת מתנועת הירח סביבו ומן השביתה במהלך אורן בגללו, כי כמות חומרו גדולה פי 16 מכמות חומר אדמתנו, ומדרגת התעבות חומרו פחותה כדי שלש פעמים ממדרגת התעבות חומר אדמתנו אנו, והיה הכח המושך אשר על פניו כמעט ככח המושך אשר על פני אדמתנו. גם הוכיחו הבחינות והנסיונות בעזרת הפרדת קוי האור לדעת, כי הכוכב נפטון גם הוא ככוכב אורן עטוי מעטה אויר אשר יכיל אדים שאינם נמצאים אצלנו, והרכבתם החימית דומה כמעט להרכבת הומר האדים על פני אורן.

ובגלל מרחקו הרב מן השמש יראה השמש על פניו בתבנית כוכב קטן פי שלשים מעגול השמש הנראה לעינינו, והאור והחום המגיעים אליו מן השמש הם כהים ורפים פי תשע מאות מן האור והחום המגיעים אלינו יושבי האדמה. אור כהה כזה הוא נשף תמיד.

זה הוא האי האחרון בים צבא השמש אשר עברנו על פניו באנית מחשבתנו, וזאת היא המדינה האחרונה הנודעת לנו על קצה גבול ממלכת השמש כיום הזה.

יב.

כוכבי השבט, הנפילים, אבני האלגביש.

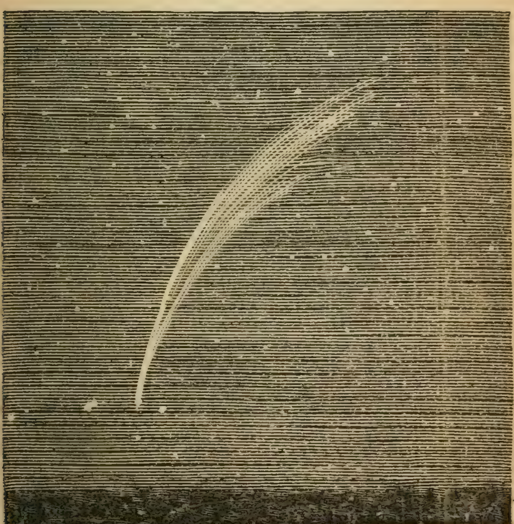
חזיונות נפלאים במרחביה. פחד לא היה פחד. תכונת כוכבי השבט, מהות חמרם, מסלולי מהלכם. שאלת פגישת כוכבי השבט עם אדמתנו. נמנעות שאינן יוצאות מגדר היכולת. קירות כוכבי השבט בזמנים האחרונים. מדידת ארך השבטים אשר לכוכבים אלה. הנפילים מאין באים. הכוכבים כעשן נמלחים. אבני אלגביש ומהותן. גשר בין מסלולי כוכבי הלכת ובין הכוכבים הקבועים.

מכל החזיונות הנראים לעינינו בצבא השמים, הכי נפלאים ומרהיבי עינים הם חזיונות כוכבי השבט בתבניתם המוזרה למרבה התמהון בלב בני האדם. כמו אורחים באים מרחוק הם יבואו מרחבי אין קץ ועוברים על פנינו, ואחרי זמן מה הם שבים אל מרחק לא שזפתו עין ונעלמו מאתנו לארך ימים. ויען כי בקרב העמים הרבים שוכני תבל ארצנו נמצא מדי פעם בפעם עם אחד אשר תעבור עליו כוס יגון ממקרים רעים המתרגשים לבוא עליו, כמו למשל חרב אויב מחוץ, מלחמת אחים בקרב האזרחים פנימה, דבר ומגפה, רעב של בצרת, שטף מים רבים וכדומה מאסונות בני אדם הבאים על גוי ואדם יחד, ובגלל אשר בימים הקדמונים קרו מקרים רעים כאלה לעתים תכופות יותר מבימינו עתה, ומה גם כי מות מלך שליט המדינה או גם מות נשיא ורוזן משרי המדינה ושועיה, נחשב ביטים ההם לסימן רע ולאסון נורא לכל העם כלו, ע"כ לא יפלא, כי כל מקרה אסון נלוה עם חזיון כוכב שבט בשמים, ובני האדם לטרו מן ההרגל להביט על הכוכבים המוזרים האלה כעל אותות חרון אף האלהים בשמי מרום. הדבר הזה בא להם להעמים הקדמונים בטרם הכירו לדעת אל אמת, ויתארו למו את האלהים כמלך זקן אשר יזעום בכל עת על נקלה. אולם התפתחות חכמת התכונה והשתלמות שכל אנוש בכלל

הן הנה שעמדו לנו להסיר מלב בני האדם את הפחד מפני כוכבי השבט ולא יחתו עוד מפני אותות השמים האלה אשר לא פעם ושתים בשרו קץ התבל, ועתה לא יוסיפו עוד החזיונות הנפלאים האלה לעורר בקרבנו חרדה, ורק מוצאים אנחנו ענין לענות בהם מצד החקירה והמדע ואנו משתדלים להכיר לדעת את תכונתם בטבע צבאות השמים ואת ערכם ומהותם בצבא השמש אשר לנו.

מראה פני גרמי השמים הורים האלה על פי רוב מרהיב את העין בהדרו ובגדלו העצום. כן למשל כוכבי השבט אשר הופיעו בשנות 1744—1811 החרידו עמים רבים וכן שלמים בגלל גודל מדתם. בכוכבי השבט אשר הופיעו לעינינו באמצע המאה הנוכחית הכי גדול זה שנראה בשנת 1858, ואת תבנית מראהו בשמים אנו נותנים לפני הקוראים בהמונה אשר לפניכם (ציור לח), כפי שצירו את תמונתו בבית מצפה הכוכבים בפאריז.

ציור לח.



כוכבי השבט הם כאדים שקופים וחומרם הוא כמעט כדבר שאין בו ממש, כי משקלו קל הרבה יותר ממשקל חומר אויר נשימתנו, רוח אפינו. מסלולי כוכבי השבט הם אֶליפסים ארוכים מאד, באופן אשר מסלולי כוכבי הלכת נחשבים לעמתם כעגולים גמורים, כמו שיוכל הקורא לראות במפת צבא השמש המסופחה בסוף הספר. במפה ההיא מתוארים מסלולי כוכבי שבט אחדים, שנים מהם קטנים וקציהם הרחוקים מן השמש נמצאים בקרב מסלולי כוכבי הלכת, ושנים ארוכים מאד אשר קציהם עוברים גבול מסלול כוכב הלכת האחרון הוא נפטון.

כוכבי השבט מתנועעים במסלוליהם הנטוים אל עברים שונים, יש אשר ילכו דרכם ממערב למזרח, ויש אשר יאחור דרכם ממזרח למערב, וכן לכל רוחות השמים, והיו המסלולים ההם פונים אל שטח מסלול אדמתנו בזויות שונות; ואם אמנם מספרם יעלה לאלפים, בכ"ז לא על נקלה יפגוש אחד מהם בכדור אדמתנו בדרכו, כי אם גם יפסיקו המסלולים (מסלול כוכב השבט ומסלול אדמתנו) איש את אחיו, כמו שנדמה בהשקיפנו על המפה, בכ"ז בגלל הנטיה לצדדים לא יגעו איש באחיו ברחבי השמים; ולוא גם תהיה נקודת נגיעה בין המסלולים באחד האופנים, הנה גם אז אין נגיעת המסלולים מחיבת פגישת שני הגופים, כי למען תצא הפגישה לפעולות נחוץ, כי יהיה גם מהלך שניהם מדויק ומצומצם באופן אשר יבואו שניהם ברגע אחד אל נקודת הנגיעה ההיא. ובגלל אשר רבים הם תנאי פגישת שני הכוכבים במסלוליהם, ע"כ תחשב בעיני התוכנים כדבר רחוק המציאות וכמעט כחזיון נמנע, אף כי איננו יוצא מגדר היכולת א).

בשנת 1832 עבר כוכב שבט אחד במסלול אדמתנו בליל 29/30 אוקטובר, ואולם אדמתנו היתה בעת ההיא במרחק רב

א) משל, לכה הדבר דומה? לערֵמה גדולה של שומשמין שחורים אשר מספר גרגריה עולה לאלפי רבוא רבבות, וביניהם גרגר אחד לבן. והנה אדם בא ונועץ חנית דקה וחדה כמחט בתוך הערמה, למען אחוז בראשה אחד הגרגרים. הנה אין הדבר יוצא מגדר היכולת שתפגוש החנית בגרגר הלבן הנמצא בתוך הערמה, ונאחז הגרגר ההוא בראשה, ואולם מה רחוק הוא המקרה הזה מן היכולת! כן הוא באפשרות פגישת כוכב שבט באדמתנו...

מנקודת הפגישה במסלולה ותגיע שמה רק אחרי חדש ימים ביום 30 נובמבר. —

אכן דעת התוכנים היא, כי גם אם תפגוש אדמתנו בזמן מן הזמנים בכוכב שבט אין רע, כי החומר הדק של כוכב השבט לא יוכל להראות פעולתו על אדמתנו. כן למשל קרה מקרה ביום 30 לירח יוני שנת 1861, כי אדמתנו עברה בזנב כוכב השבט ואיש לא הרגיש את הדבר ולא ידע על אדות הפגישה הזאת. שוב מעשה בליל 27 לירח נובמבר בשנת 1872 עברה אדמתנו במסלולה בנקודת הפגישה עם אחד כוכבי השבט הנודע בשם ביעלא. ויהי בלילה ההוא והמון כוכבים נפלו משמים, ומספרם עלה לערך מאה וששים אלף, וכל רע לא אונה ליושבי האדמה. ולא עוד אלא שכוכב השבט התפוצץ לרסיסים ויפוזרו חלקיו ברוח, הם הנפילים שנראו אז.

בשנת 1770 הלך כוכב השבט הנודע בשם ליקסיל בדרכו בקרבת הכוכב צדק ויעבור בין הכוכב ובין הירחים המלוים אותו. והנה הירחים לא הרגישו את הפגישה ולא נשבת מהלכם כחוט השערה ולהפך מהלך כוכב השבט נשבת הרבה לרגלי הכח המושך של צדק וירחיו אשר הראה פעלו עליו. הוא הדבר אשר אמרנו למעלה, כי לגרמי השמים האלה, אשר מפניהם חתו ורהו דורות רבים, אין כל חומר שיש בו ממש ורק אד קל דק מן הדק כל בנינו הגדול.

כאשר יעבור כוכב שבט לעינינו לפני אחד הכוכבים הנוצצים ברחבי השמים, איננו מעיב מפנינו את אור הכוכב ההוא וברק נגהו יראה לנו כבעד ערפל דק. דבר זה הוא חזון נפרץ להתוכנים, ובפעם האחרונה הופיע חזיון כזה ביום 24 יולי שנת 1890. וכאשר יעבור כוכב השבט לפני השמש, ודבר זה קרה לא אחת, ובפעם האחרונה ביום 17 ספטמבר שנת 1882, אז יחמק מראה כוכב השבט ולא יורגש לעין הצופה עליו. מזה נמצאנו למדים, כי גם ראש כוכב השבט הוא שקוף, ורק יכול להיות כי מעט מוער נמצא במרכזו חומר עב.

הבחינות והנסיונות בעזרת הפרדת קרני האור הוכיחו לדעת, כי בכוכבי השבט יש פחמן (יסוד הפחם) והרכבות חימיות של

מימן ופחמן. והיה כאשר יבוא הכוכב בקרבת השמש יתלהבו האדים ההם והתרחבו, והתעורר בהם זרם האיליקטרות, ומזה יתחולל המראה הנהדר של זנבות כוכבי השבט אשר ישתרעו ברחבי מיליוני פרסא ברקיע השמים, שהם אינם גופים שיש בהם ממש ורק מאור איליקטרון בתוך האיתר הממלא כל חללו של רחבי השמים. הזנבות האלה ישתרעו תמיד מצד הכוכב המפנה מן השמש והלאה, ולא תמיד הולך הזנב מאחרי הכוכב, כי אם לפעמים גם לפניו. יש אשר הזנב הוא ישר, ואולם על פי רוב הוא עקום כקשת העגול. בליל 27 פברואר שנת 1843, 27 יאנואר שנת 1880 ובליל 17 ספטמבר שנת 1882 נראו כוכבי שבט עם זנבות ישרים אשר השתרעו בארך איזה מיליון פרסא. הכוכב נקרב אל השמש ויעבור על פניו בחצי קשת עגול במשך שעות מספר ברוצו מהלך חמש מאות קילומיטר לזקונדה.

אכן אין לאל ידינו להגיד אל נכון אם מפגישת אדי כוכבי השבט עם אדמתנו והתחברם בהרכבה חימית עם החמצן הנמצא באויר נשימתנו העוטה את האדמה לא יוכל להתחולל אסון נורא ליושביה, אסון אשר לא נשמע כמוהו, והוא כי אש מתלקחת תתלהט באויר ונהפך מעטה אוירנו למעטה לבת אש גדולה ובערה את כל היקום ואין מכבה. מה נורא הרעיון!

נסורה נא מן המראה המרגיז כליות ולב, ונפן את לבנו לדעת מאין יבואו כוכבי השבט.

אם נאבה להחליט, כי כוכבי השבט באים אלינו ממרחבי אין קץ מחוץ לגבול המסלולים אשר לצבא השמש, כי עתה צריכים מסלוליהם להיות בלתי עגולים במדה כזאת שאנו רואים אותם כעת. ובגלל עגולי מסלוליהם אנו מוכרחים לחשוב את השמש למרכז להם, והיו גם הכוכבים האלה נחשבים אל צבא השמש אשר לנו. כל כוכבי השבט אשר נראו לנו בתקופתם סובבים במסלולים אֶליפסים, אשר קציהם מעבר מזה קרובים אל השמש וקציהם מעבר מזה קרובים אל מסלול אחד כוכבי הלכת. מן החזיון הזה נמצאנו למדים, כי כוכבי הלכת הראו פעלם על מהלכם של כוכבי השבט ומן הפעולה הזאת קבלו מסלוליהם את צורתם אשר להם. רבים מאד הם כוכבי השבט אשר נקודת

הגובה במסלוליהם היא סמוכה אל מסלולו של הכוכב צדק.

אמור מעתה, כי כוכבי הלכת בכח המושך אשר להם הגו את כוכבי השבט ממסלותם ויכריחום לסוב דרך ארוכה את השמש, ואולם לא ירחיקו לכת מחוץ לגבולות מסלולי כוכבי הלכת; גם יכול להיות, כי כוכבי הלכת בעצמם חלו וילדו איזה כוכבי שבט, כי ירה ירום מקרבם בתקופות קדמוניות, בעוד הרי הגעש רעדו בחזקה, ויקיאו לבת אשם בכח עצום מאד מאד.

אנחנו הזכרנו למעלה את דבר נפילת המון כוכבים משמים בליל 27 לירח נובימבר לשנת 1872 בעת אשר פגשה אדמתנו במהלכה בכוכב השבט בִּילא, וגם העירונו לדעת, כי יש יחס וקשר אמיץ בין כוכבי השבט ובין הנפילים, כי החקירה והבחינה הוכיחו את התוכנים לדעת, כי גורל כוכבי השבט הוא להתפוצץ ולהתפזר בתור כוכבים נופלים. נוסיפה נא עתה לבאר בזה, כי הנפילים בכלל המה באים מן החומר הדק המפוזר והמפורד במרחביה, כי בפגשם באדמתנו המה נמשכים אליה, ובבואם בתוך מעטה האויר אשר לאדמתנו, בעודם נמצאים בשדרות האויר העליונות המה מתלהבים מן החכוך העצום ונשרפים שם עוד בטרם יגיעו אלינו אל שדרות האויר התחתונות. מהירות מרוצת הנפילים האלה בהגיעם אל תוך מעטה אויר אדמתנו היא 42,000 מעטר בזקונדה, ומהירות מרוץ אדמתנו במסלולה היא 30,000 מעטר בזקונדה, והיה בבוא הנפילים באויר מעבר אדמתנו מקדם מן המקום אשר שמה תרוץ האדמה אז תהיה מרוצת הנפילים במהירות 72,000 מעטר לזעקונדע! מה גדולה היא מהירות מרוץ בזה ונקל לשער את גדל החכוך, ולא יפלא אפוא כי הנפילים מתלהבים מן החכוך הרב והעצום הזה.

על פי רוב יופיעו הנפילים לעינינו בגובה האויר ברום 120 קילומיטר והם כלים ונאבדים ברום 80 קילומיטר; אמור מעתה, כי מעטה אוירנו מגיע בגבהו על פני האדמה למצער עד מאה ועשרים קילומיטר.

הנפילים הם נשרפים באויר כמו שבארנו, ואחרי השרפם המה נופלים ארצה בתור אבק שאיננו נראה ואיננו מורגש לעין בעת נפלו ואך עקבותיו נודעו אח"כ. חומר האבק הזה הוא של

כרזל וניקל, והוא נמצא בכל מקום: על פני כל האדמה, על פני השלג המכסה את הרי האלפים, מקומות אשר שמה לא יוכלו להגיע ענני העשן למען שאת שמה אבקת ברזל, וגם נמצא האבק בטפי הגשמים היורדים ארצה. התיכנים משערים, כי מספר הכוכבים הנופלים ארצה עולה בכל שנה ושנה לערך 146 מיליארדים. והיו תוצאות הדבר הזה, כי חומר האדמה הולך ומתרבה משנה לשנה, ומהירות מרוצתה סביב לקוטרה הולכת ומתמעטת בגלל הדבר הזה, ומוסיפה מהירות מרוץ הירח סביבה.

לפעמים יקרה, כי הכוכבים הנופלים לא יבואו אל מעטה אויר אדמתנו פנימה אבל הם אוחזים דרכם על יד האויר ואך בנגיעה קלה יגעו בשדרותיו העליונות. מקרה זה יקרה על פי רוב להגדולים אשר בנפילים.

מראה נפילת הכוכבים אם אמנם הוא חזון נפרץ כמעט בכל לילה, אולם יש תקופות בשנה אשר מספר הנפילים רב ועצום בהן, והכוכבים נופלים אז בהמונים. תקופות נפילת הכוכבים בהמון רב הן בלילות 10 אוגוסט וגם 14 נובימבר (למנין הישן). בתקופה הראשונה באים הנפילים ממסלול כוכב השבט הגדול שנראה בשנת 1862, ונראים כמו שהם נופלים מקבוצת הכוכבים הנודעת בשם פרסיה, ובתקופה השנית הם באים ממסלול כוכב השבט שנראה בשנות 1866 ונראים כמו שהם נופלים ממזל אריה. נוסף על אלה ירבה מספר הנפילים גם בליל 27 נובימבר לעת בוא אדמתנו במסלול כוכב השבט ביֶלא כמו שהזכרנו למעלה, ואז נראה המון הנפילים מקבוצת הכוכבים הנקראה בשם אנדרומידה. בשאר לילות השנה נראה גם כן נפילת כוכבים ואך במספר קטן מאד לעמת שלשת הלילות הנ"ל.

מלבד הנפילים ממין זה ישנם עוד כוכבים נופלים הנודעים בשם אבני אלגביש, והם חומרים קשים ומוצקים כאבנים, ומוצאם איננו מכוכבי השבט ואין להם כפי הנראה כל יחס וקשר עמהם.

האבנים הנופלים נודעו עוד בדורות הקדמונים וזכרם בא בכתבי קדשנו במלחמת יהושע, והיונים הקדמונים קראו את הברזל בשם אבן־השמים, כי כפי הנראה החלו לעשות כלי ברזל בראשונה

מן האבנים הנופלים משמים, אשר החומר הנמצא בהן היה ברזל.

בכל שנה ושנה יופיע חזיון נפילת אבני אלגביש משמים באיזה מקום על פני האדמה. האבן תתראה במרום בתור כוכב מאיר נופל במהירות עצומה ומשמיע קול רעם ומפץ, ובנפלה ארצה היא חודרת אל עומק האדמה עד ארבעים, חמשים וגם עד ששים סנטימטר ויותר.

עפ"י רוב ישמע בעת נפילת אבן האלגביש קול רעם ומפץ הבא מהתפוצצות האבן לאלפי רסיסים בעת נפלה. האבן הנופלת נמצאה הכף במקום נפלה במעבה האדמה, ואז היא חמה ולוהטת כמו אבן אש, על פניה מלמעלה היא מכוסה כמו בחומר מהותך שנתקשה ותוכה פנימה הוא קר. חומר אבני האלגביש עפ"י רוב הוא של ברזל או ברזל מעורב עם חלקי אבן, יש אשר חלק הברזל רב מחלק האבן ויש אשר האבן רבה היא מחלק הברזל, והברזל נראה בתוך האבן כעין גרגרים קטנים. יש אשר אין באבן אלגביש לא ברזל ולא אבן ורק חומר פחם. אבן אלגביש כזאת נפלה בשנת 1864 ביום 14 מאי בארגיל.

הרואה נפילת הכוכבים משמים, אם אך לא תהיה הנפילה הזאת קרובה אליו מאד, עלול לשגיאה על ארות מרחקם, ועפ"י רוב יחשוב כי קרוב הוא המקום אליו. כן למשל קבלתי פעם אחת מכתב מאיטליא הצפונית אשר הודיעני, כי נפלה אבן אלגביש בסביבות מילאן, משווייץ הודיעוני אז, כי אבן האלגביש נפלה באגם גינוא, משומון הודיעוני כי האבן נפלה מצפון לעיר ההיא, מוויבולון כתבו, כי ראו את האבן נופלת אל תוך תעלת לא־מאנש. והנה אחרי כל הדברים האלה נודע, כי אבן האלגביש נפלה אז לא באחד מכל המקומות הנ"ל כי אם באנגליא.

אם אמנם נפילת אבני האלגביש בכלל איננה חזון יקר בתבל, ואולם ביחס אל איזה מקום ברחבי הארץ הוא חזון בלתי נפרץ רק לפעמים רחוקות. אבן האלגביש שנפלה בפעם האחרונה בצרפת היא מיום 10 אוגוסט שנת 1885, והיא נפלה בגראזאק ותאכל אז גדיש של 2500 אלומות התבואה וכפר לבוריה. יש אשר תסבנה אבני האלגביש גם אסון באדם, כמו שנראה במלחמת יהושע.

במוזיאום לחכמת הטבע ודברי הימים אשר בפאריז נמצאים הרבה שרידי אבני אלגביש ממיני חומר שונים, ואחת מהן גדולה מאד ומשקלה 780 קילה, היא נפלה ארצה במיקסיקה ומשם הובאה פריזה.

כבר מלתנו אמורה למעלה, כי לאבני האלגביש אין כל יחס וקשר עם הנפילים הבאים מחומר כוכבי השבט. עתה נוסיפה להגיד, כי מוצא אבני האלגביש הוא בל"ס מכוכבי הלכת מהררי הגעש אשר עליהם. רבות הן אבני האלגביש אשר מוצאן מאדמתנו אנחנו, כי הרי הגעש אשר על פני ארצנו השליכו את האבנים האלה למעלה בכח רב ועצום עד אשר מהרו לרוץ יותר משמונה עד אחד עשר אלף מיטר בכל רגע, וכפי אשר נלמוד מפי חקי המנוחה והתנועה תוכל אבן כזאת הנזרקת מפי הרי השרפה במרוצה מהירה כזאת לשוב אל הארץ, ועתה נופלות האבנים ההן ארצה בשובן אל מסלולה. ההשערה הזאת נתמכת ע"י החוקרים בגלל אשר מצאו, כי חומר אחד לאבני האלגביש ולאדמתנו.

יג.

הכוכבים הקבועים ועומדים.

מפת השמים. מרחק הכוכבים. להבין במראה. מונה מספר לכוכים. מרחביה: מושג על אדות המרחקים, מסע על כנפי הדמיון. הכוכבים הקרובים והרחוקים.

עד כה היינו מטילים בקרב מסלולי כוכבי הלכת ומסלולי כוכבי השבט ונעבור על פני גשר ארוך מאד המשתרע בין צבא השמש אשר לנו ובין המרחביה אשר מחוץ לעולמנו. עתה נוסיפה ללכת הלאה הלאה ונתרחק מסביבות ארצנו ונעלה

ונבוא אל עולם רחב אין קץ המלא שמשים רבים אין ספורות למו.

השמים עם כל המון צבאם כספר נגולים לפני התוכנים, והם קוראים בהם כמו במפת הארץ, יודעים לסמן מקום כל כוכב קבוע ועומד ולהראותו באצבע איפה יראה ואיפה ימצא בכל עת ובכל שעה.

המרחק הנראה לעינינו בין הכוכבים הנפוצים ברחבי הרקיע רק בדמיוננו יסודו; המרחק ההוא יגדל ויקטן לפי מצבנו אנחנו לעמתם ולפי נקודת מבטנו עליהם. משל למה הדבר דומה? לאדם היוצא בלילה לרחוב עיר גדולה המוארה במאורות כל הלילה ופנסי מאור קבועים ועומדים בצדי הרחובות מזה ומזה. בהשקיפנו על המאורות הקרובים אלינו נראה את המרחק שביניהם, ואולם אם נכונן מבטנו אל המאורות הרחוקים לא נוכל להכיר את מרחק איש מאחיו וגם יפלא מאתנו לפעמים להבדיל בין המאור הרחוק יותר ובין המאור הקודם לו וקרוב אלינו. גם זאת לדעת, כי שונה המרחק הנראה לנו בין המאורות בעת שנקודת מבטנו עליהם הוא ממול המרחק, זאת אומרת שנשקיף עליהם ממול אורך הרחוב, מן המרחק הנראה לעינינו בין המאורות בהשקיפנו עליהם מצד מרחקם, זאת אומרת ממול רחב הרחוב. עפ"י המשל הזה יבין הקורא על נקלה מדוע יפלא מאתנו להכיר אל נכון את המרחק האמתי בין הכוכבים הרחוקים מאתנו, והיה המרחק הנערך על ידינו רק מרחק מדומה לפי ראות עינינו. לוא יכלנו לעזוב את אדמתנו ולראות בחלל הרקיע אל כל אשר נחפוץ, כי עתה היינו רואים את המרחק שבין הכוכבים הולך ומשתנה לפי מקום מבטנו עליהם. שנויי המרחק שבין הכוכבים היו יותר מוחשים ונכרים במדה שנתרחק יותר ויותר מן אדמתנו. אמנם למטרה זאת היינו צריכים להתרחק מעל האדמה למצער מרחק כזה המבדיל בין אדמתנו ובין אחד הכוכבים הקבועים הקרובים אליה. כי כאשר נכונן למשל את מבטנו על הכוכבים הקבועים גם מן הכוכב האחרון שבכוכבי הלכת, מן הכוכב נפטון, גם משם לא נראה שנוי במרחק שבין הכוכבים הקבועים. השנוי יורגש לעינינו רק כאשר נעתיק את מקום עמדתנו למצער מכוכב קבוע אחד אל משנהו.

עוד מימי קדם נחלקו הכוכבים הקבועים ועומדים למחלקותיהם לפי מדת גדלם הנראה לעינינו, ויהי מספר הכוכבים הגדולים והבהירים ביותר תשעה עשר, והם היו למחלקה ראשונה; אל המחלקה השניה נחשבו הכוכבים הקטנים מעט במדתם מכוכבי המחלקה הראשונה, ויהי מספר כוכבי המחלקה השניה חמשים ותשעה; אל המחלקה השלישית נמנו מאה ושמונים ושנים כוכבים, אל המחלקה הרביעית חמש מאות ושלשים וכו׳, ויהי מספר המחלקות שש. התוכנים הביאו חשבון למספר כוכבי כל מחלקה לעמת מספר כוכבי המחלקה ההולכת אחריה וימצאו כי מספר כוכבי כל מחלקה גדול ממספר כוכבי המחלקה הקודמת לה בדי שלש פעמים, זאת אומרת כאשר נכפיל שלש פעמים את מספר כוכבי אחת המחלקות יצא לנו מספר כוכבי המחלקה הבאה אחריה. באופן הזה יצא להם מספר כוכבי כל שש המחלקות יחדו, או יותר נכון מספר כל כוכבי השמים הקבועים ועומדים ונראים לעין אדם בלי עזרת קנה מצפה, בערך ששת אלפים. אמנם חשוב יחשבו בני האדם, כי מספר הכוכבים רב הוא ועצום מאד ויכולים להספר במספרים גדולים של אלפי רבוא רבבות. אולם בדבר הזה יש הפרזה לפי הרגל האדם בכמו אלה, ובאמת אין מספר הכוכבים הנראים לעינינו עולה יותר מששת אלפים, ועוד יותר מזה נגיד, כי אך מעטים הם האנשים בתבל אשר חוננו מאת הטבע במבט עין כזה שיוכלו לראות בחללו של הרקיע יותר מארבעת או חמשת אלפי כוכבים.

אולם במקום אשר תקצר עין האדם לראות יבוא קנה המצפה לעזרתו. זאת העין הצופיה אשר עשה לו האדם בחכמתו הולכת ומשתלמת, הולכת ומרחיבה חוג מבטה משנה לשנה, ומדי פעם בפעם מעמיקה לחדור בחלל העולם ומגלה לנו המון כוכבים חדשים לא שערום קדמונינו.

אחרי המחלקה הששית נגלתה לעיני התוכנים בעזרת המשקפים הראשונים מחלקה שביעית, אח״כ גלו מחלקה שמינית ותשיעית, האלפים אשר נמנו במספר הכוכבים היו לרבבות והרבבות — לעשרות רבוא. המשקפים וקני המצפה הלכו וישתלמו ויוסיפו לגלות המון כוכבים וימצאו התוכנים מחלקה עשירית,

גם מחלקה אחת עשרה וכו', ולמן העת ההיא החלו למנות מספר הכוכבים במיליונים.

מספר כוכבי המחלקה השתים עשרה עולה בערכך 9,500,000 והיה כאשר נחבר את המספר הזה עם המספר הכולל לכל עשתי עשרה המחלקות הקודמות יצא לנו מספר רב ועצום יותר מארבעה עשר מיליונים. ואחרי אשר הוסיפו שלמות בתקוני כלי צופים הוסיפו לגלות כוכבים חדשים וכיום הזה מונים מספר לצבא השמים מן המחלקה הראשונה ועד המחלקה השלש עשרה ועד בכלל בערכך ארבעים ושלשה מיליונים. אמנם שמים חדשים רואות עינינו לעמת בני הדורות הראשונים. בפני כלי הצופים החרשים לא יתחלקו כוכבי השמים למזרותיהם וקבוציהם אבל כל פני השמים נראים מכוסים באבק דק של כוכבים נוצצים. ובמקום אשר עין האדם תשור רק שנים שלשה כוכבים הנראים מבעד עלטת החשכה שם תראינה עיני הצופה בקרן החזות כוכבים כחול הים.

והיה כאשר יוסיפו לשכלל את קני המצפה והרחיבו יותר את חוג מבטי עין האדם כן יוסיפו השמים את צבא כוכביהם ולא יוסיף עוד האדם לראות שמים שחורים על ראשו כי אם שמים לבנים מופזים בברק אור אבק הכוכבים אשר ישתרעו לפניו ברחבי אין קץ שאין מקום פנוי מהם.

למספר הכוכבים אין קץ.

ומה רחב החלל והמקום אשר יכיל את אלפי רבוא רבבות הכוכבים ההם ההולכים ומשתרעים איש אחרי רעהו עד אין סוף?

שאלה זו היתה מאז מעולם כאבן החן לחכמי התכונה ותתעורר גם בלב כל חושב מחשבה והוגה דעה; אולם החקירה והדרישה בענין זה אשר תוכל להביא פתרונים לשאלה הזאת היתה יכולה להחל רק בזמנים האחרונים, אחרי אשר מצאה יד החוקרים את האמצעים הדרושים לזה. אצל הדורות הקדמונים היה רפוי מאד המושג על אדות המרחק שבין גרמי השמים, כמו שהיה מושגם קצר מאד על אדות מהותם של צבא השמים. ע"פ רוב נחשבו כוכבי השמים בעיניהם כמאורות קטנים שהתנשאו מעל הארץ כעין אותו המאור המתעה העולה לפעמים מן האגמים. אך בדורות האחרונים קנו חכמי התכונה דעת ותבונה וימצאו

התחבלות למדוד את המרחק שבין הכוכבים.

הכוכב הקרוב אלינו בין הכוכבים הקבועים ועומדים בשמים הוא אחד הכוכבים בקבוץ הנקרא בשם צנטורה הוא הסמוך למזל בתולה והנחשב אל כוכבי המחלקה הראשונה. לפי המדידה האחרונה עולה מרחקו מאתנו כדי 275,000 פעמים יותר ממרחק השמש מאתנו, וכפי הנודע רחוק השמש מן הארץ 149 מיליון קילומיטר או 37 מיליון ליה, והיה אפוא מרחק הכוכב ההוא עשרת אלפי מיליארדי ליה.

כבד מאד וכמעט נמנע הוא לציר במחשבה את גודל המרחק הזה, ולמען קבל במוחנו איזה מושג על אדותיו נטל עלינו לחבר את רעיוננו על אדותיו עם הרעיון על אדות הזמן ולנסוע במחשבה מסע לארך הדרך הרחוקה הזאת. בעד מרחקים קטנים אנו עושים ג"כ כדבר הזה. כן למשל באמור לנו איש, כי הדרך העולה משטרסבורג פריזה הוא חמש מאות קילומיטר, אין אנו יכולים כרגע לצייר לנו כמו את המרחק הזה; ואולם באשר נחבר את הרעיון על אדותיו עם הזמן הדרוש לנוסע לעבור את המרחק הזה והגידו לנו כי מסע במרכבת הקיטור ההולכת במהירות חמשים קילומיטר לשעה יארך עשר שעות רצופות, אז נקל לנו להשיג את גודל המרחק. והנה באופן דומה לזה נשתמש לציר לנו את המרחק שבין הכוכב הנ"ל ובין ארמתנו, ואולם תחת מסע במרכבת קיטור נקח לנו מהירות האור העובר מהלך שלש מאות אלף קילומיטר בכל רגע כמימריה.

ובכן נאמר, כי למען תעבור קרן אור מן הכוכב ההוא ותגיעה אלינו דרוש זמן ארבע שנים ומאה ועשרים ושמונה ימים. אם חפץ יחפץ הקורא להוגיע מעט את מוחו למען השג מושג נכון את גודל מרחק זה נטל עליו לצמצם את מחשבתו ולרוץ עם קרן האור יחדו, וכה יעשה: יתאר לו בדמיונו, כי הוא רוכב על קרן אור הרצה במהירות שלש מאות אלף קילומיטר בכל רגע, והיה בעבור רגע יצייר לו במחשבתו כי עבר מהלך שלש מאות אלף קילומיטר, אח"כ יצייר לו כי הוסיף לעבור ברגע השני עוד שלש מאות אלף קילומיטר והיו לו שש מאות אלף קילומיטר מקץ הרגע השני וכה יוסיף להאר לו וככה יצמצם מחשבתו בלי הפוגות

משך זמן ארבע שנים וארבעה ירחים, ואז רק אז יהיה לו מושג קרוב ע"ד המהלך הרב הזה. ואם לא יעשה כן אך לריק יתהלל בשוא לאמר כי הוא משיג השגה זו כי המספר אשר הבאנו יספיק לו להבין במראה. המספר הנ"ל נשגב הוא משכל אנוש להכילו.

הכוכב השני הקרוב אלינו הוא בקבוץ הכוכבים הנקרא בשם האוז הצח מתחת לנתיב החלב. הכוכב ההוא אמנם רחוק מאתנו מעט יותר מן הראשון, והמרחק עולה בערך שבעה עשר אלפי מיליארדי ליה, וקרן אור היוצאת ממנו עוברת דרכה במשך שבע שנים ומאה וארבעים וחמשת ימים.

הכוכב הנוצץ ביותר בשמים הוא הכוכב זיריוס, הגדול בכוכבי הקבוץ הנקרא בשם הכלב הגדול. מרחקו מארנו הוא מהלך עשרים ושלשת אלפי מיליארדי ליה וקרן אור היוצאת ממנו מגיעה אלינו אחרי עבור תשע שנים ושלש מאות ועשרים ושמונה ימים וחצי.

התוכנים הביאו בחשבון מדויק מרחק שלשים כוכבים מן המחלקה הראשונה וימצאו כי האחרון שבהם רחוק מאתנו מהלך מאתים אלפי מיליארדי ליה וקרן אורו מגיעה אלינו אחרי זמן שבעים וחמש שנים וחצי.

ע"פ המדידה הזאת אשר מדדו התוכנים את מרחק הכוכבים הקרובים אלינו ביותר מצאו, כי מסביב לממלכת השמש אשר לנו משתרע חלל רחב עשרת אלפי מיליארדי ליה, שהוא כדי תשעת אלפי פעמים יותר ממרחק נפטון מן השמש.

בכל החלל הרחב הזה לא נמצאה גם שמש אחת.

ובין הכוכבים הנראים רק בעזרת כלי המצפה ישנם כאלה אשר מרחקם מאתנו הוא רב ועצום עד אשר קרן האור היוצאת מהם מגיעה אלינו רק אחרי עבור מאות בשנים וגם אלפי שנים וגם עשרות אלפי שנה. הנקל אפוא לשער מה גדולים השמשים ההם אחרי אשר ממרחק רב כזה ישלחו אלינו קוי אורם! ואת כל השמשים האלה חפץ האדם בדורות הקדמונים להכריח, כי יסובבו במהלכם סביב לכדור אדמתנו אשר אך כגרגר אבק דק נדמה הוא בפניהם. מה רבה הגאוה ומה גדולה הסכלות לחשוב בכה!

יד.

תכונת הכוכבים הקבועים וסגלותיהם.

השמש בהמון צבא השמים. הכוכים המשנים את פניהם. המאורות הגדולים המופיעים ונעלמים. המאורות המשתנים לתקופות. כוכבים מורכבים. המאורות הקבועים ג"כ יתנועעו. הערפלים והבהרות. נתיב החלב.

השמש אשר לנו גם הוא אחד הכוכבים הנהו בחלל הרקיע כמו אותם הכוכבים הנראים לעינינו כקבועים ועומדים בשמים. כי כל אחד הכוכבים הקבועים אשר אנחנו רואים הוא שמש בפני עצמו ומסביב לו ילכו כוכבי לכת אשר עיננו לא תשורם מרוב המרחק. שמשנו אנו יחשב לכוכבים הקטנים אשר בכוכבים הקבועים, כי יש בין הכוכבים ההם גדולים במדתם הרבה יותר משמשנו זה.

אמנם יש בקרבם גם כוכבים אשר לא כוכבי לכת ילכו כביב להם כי אם אחד מהכוכבים השמשים יסוב את משנהו והיו כעין תאומים. ויש גם אשר שלשה שמשים יהיו במערכה אחת ואחד יסוב את משנהו ושניהם יחדו יסבו את השלישי, והיה זה כחוט משולש. יש כוכבים קבועים אשר תחת היותם כשמשנו מאורות לבנים, הם בעלי צבעים שונים, יש אדומים כתולע, יש אשר פניהם כפני הבצלת, יש ירקרקים, יש אשר מראה הכלת למו ויש אשר עינם כעין הנופך, הספיר והיהלום, הפטדה והברקת. יש כוכבים אשר למן העת אשר החלו התוכנים להתבונן אליהם, מימי היפרך היוני ועד היום הזה הם עומדים בצביונם ובמראיהם בלי כל שנוי, ויש אשר מאז ועד עתה אורם הולך ומתמעט וגם יחדל כלו, ואבדו הכוכבים מעיני התוכנים לבלי ראותם עוד עד עולם, ויש גם להפך, כי מאורם הולך וגדול וכיום הם מאירים במדה מרובה מאשר בימים מקדם. יש גם אשר

פתאם יופיעו בשמים במקום אשר לא נראו עד כה והם מאירים משך שבועות או ירחי מספר ושבו וכבו ולא יוסיפו לְהֵרָאוֹת. מאורות כאלה נראו בשמים לעיני התוכנים במשך אלפים השנים האחרונות בערך עשרים במספר. ישנם גם כוכבים אשר ישנו את מאורם חליפות לתקופות ידועות, פעם הם מגדילים אורם עד כי הם נראים לעין גם בלי כלי מצפה ופעם הם מתמעטים והולכים עד כי יעלמו מן העין ושבו להראות שנית אחרי תקופת הימים כבראשונה. תקופת שנויי המאורות ההם שונה היא, יש אשר התקופה היא בעלת ימים אחדים ויש אשר תארך ירחים אחדים. סבת השנויים האלה המתחוללים בכוכבים הקבועים ואשר בגללם הם מקטינים ומגדילים את אורם חליפות לא התבארה עד כה ע"י התוכנים והחוקרים. אולם בעד התקופות הקצרות לשנויי המאורות מצאו התוכנים סבה לאמר, כי זה הוא לקוי המאורות ההם, כי יעברו על פניהם גופים חשוכים והעיבו בעדנו את מאורם. את הסבה הזאת גלו התוכנים זה לא כביר בשנת 1890. .

כלי המצפה גלו לתוכנים דבר חדש והוא: יש כוכבים הרבה אשר למראה עינינו נדמו לנו ככוכבים יחידים ובאמת הם כוכבים משנים, זאת אומ־ת, כי שנים הם ואחד מהם סובב את רעהו במשך זמן ידוע. תקופת זמן הסבוב היא מעשר שנים עד מאה, חמש מאות וגם אלף שנה ויותר; ויש אשר הכוכב הוא משלש, זאת אומרת, כי לא אחד הוא כי אם שלשה כוכבים אשר שנים מהם הם קטנים מן השלישי והם סובבים אותו. בין הכוכבים המשנים והמשלשים יש אשר שונים הם איש מאחיו בצבעם. התוכנים הצליחו עד כה לערוך רשימה מדויקת של אלף כוכבים כפולים הסובבים איש את אחיו במשך זמן ידוע וגם מפת עשרת אלפי כוכבים משלשים הנראים לעין הצופה בקרן החזות.

אחרי שהתבוננו התוכנים בדיוק נמרץ אל הכוכבים הקבועים ועומדים נוכחו לדעת, כי קביעתם ועמידתם של הכוכבים היא רק למראית עין, ובאמת יתנועע כל אחד מהם תנועה מהירית. כן למשל נוכחו התוכנים לדעת, כי הכוכב ארקטור, אשר בקצה זנב הדוב הגדול, הנראה לעיני כל איש בכל ליל בהיר בשחקים, הולך ומתרחק לאט לאט מן המקום אשר שם ראוהו לפני אלפים

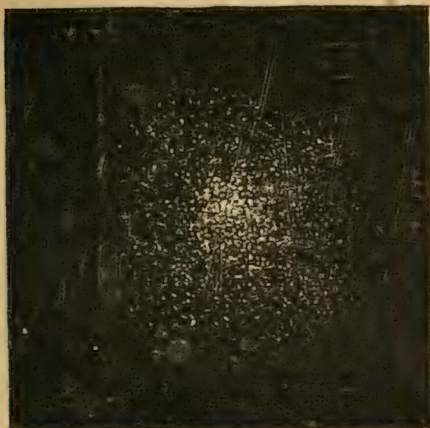
שנה, ותנועתו היא לפאת נגבה־מערבה. אכן לגודל מרחקו מאתנו תורגש תנועתו והעתקתו ממקומו במשך שמונה מאות שנה רק כדי מדת קטרו של הירח כפי שהוא נראה לנו. אולם בכ"ז תנועתו נכונה ולא יכלה להתעלם מעיני התוכנים. התוכן גאליליי הרגיש ראשונה את התנועה הזאת בשנת 1718. בעת ההיא הרגיש התוכן גם את תנועת הכוכב זיריוס בקבוץ הכלב הגדול ותנועת אלדברן במזל שור. ואם אמנם התנועה הזאת נראית לעינינו כמתונה מאד בגלל המרחק הרב המפריד בינינו ובין הכוכבים ההם, בכ"ז לא תמעט ממהירות שש מאות וששים מיליארדי קילומיטר לשנה. בשנים האחרונות הצליחו התוכנים למצא תחבלות נאמנות איך להכיר את הנועת הכוכבים הנראים בקבועים ועומדים. יש אשר התנועה מהירה הרבה יותר מאשר יכלו לשער מראש. המהיר שבכוכבים הקבועים במרוצת תנועתו הוא אחד הכוכבים הקטנים שבמזל עיש או הדוב הגדול, הנראים רק בעזרת כלי מצפה. הכוכב ההוא יעבור שבעה דקים בקשת במשך שנה, אשר לפי מרחקו מאתנו תהיה מדת הדרך לערך 2,822,000 אלפי קילומיטר ליום. מהירות התנועה הזאת יתרה ארבע פעמים ממהירות מרוצת אדמתנו במסלולה סביב לשמש ושלש מאות פעמים יותר ממהירת מרוצת כדור מכלי תותח.

ואת הכוכבים ההם המתנועעים במהירות כזאת קראו בני אדם בשם כוכבים קבועים ועומדים!...

קני המצפה גלו לעיני התוכנים עוד המוני כוכבים, אשר אם נביט אליהם בעד משקפים לא חזקים יֵרָאו לעינינו רק כבהרות לבנות בתכלת הרקיע, ואך בהשקיפנו בעד משקפים חזקים מאד תפרדנה הבהרות לנקודות קטנות נוצצות, וידענו כי אך המון כוכבים רחוקים מאד רואות עינינו, אשר כל אחד מהם הוא שמש בפני עצמו, הבהרות ההן תכילנה אלפי רבבות ממלכות שמשים, מה גדולה היא אפוא המרחביה ומה רב המרחק אל הכוכבים ההם.

הננו נותנים בזה תמונת אחת קבוצות הכוכבים הנראות בעין בהרות ואך בהתבוננות יתרה נכיר בה המוני כוכבים. מקום

הקבוצה הזאת הוא בכ׳ל הירקולס והיא נראית לעין גם בלי עזרת קני מצפה.



ציור לט.

נתיב החלב הנראה לעינינו בלי עזרת קני מצפה בליל בהיר בשחקים גם הוא קבוץ כוכבים הרבה הנראים כקרובים וסמוכים איש אל רעהו אף כי באמת רב המרחק המבדיל ביניהם, כי לוא היו קרובים איש אל אחיו כי עתה זה כבר נדבקו יחד ויהיו לחומר אחד לרגלי הכח המושך השורר בין הגופים, ואשר רק בהיות מרחק רב בין שני גופים וכל אחד סובב הולך לאטו בקו עגול רק אז ימלטו מהתלכד והתחבר יחדו.

בנתיב החלב מנו התוכנים עד כה עד שמונה עשר מליון כוכבים שמשים. הם משתרעים ברחבי הרקיע כתבנית אזור, והמקום אשר יכיל המון צבא הכוכבים האלה רחב מאד; הצבע הלבן הנראה בנתיב החלב בא מזה שהכוכבים נראים לעינינו כנקודות לבנות קרובות מאד אשה אל אחותה עד שנדמו לנו ככתם לבן. גם שמשנו אנו הוא אחד הכוכבים אשר לנתיב החלב

והוא קרוב יותר אל מרכז העגול אשר לו. קבוצות הכוכבים הנראות לעינינו ברחבי הרקיע מרחוק הן נתיבות החלב בפני עצמן:

בעזרת קני המצפה יראו לעינינו בשמים גם ערפלים אשר לא יתפרדו לכוכבים גם אם נכונן אליהם את קני המצפה היותר גדולים. הבחינה בעזרת המראה (ספעקטרום) תוכיח לדעת, כי חומרם הוא חומר אוירי. הערפלים האלה הם עולמות בתחלת תקופת יצירתם. הערפלים האלה רחוקים מאתנו מרחק רב כזה, אשר קרן אורם מגיעה אלינו רק אחרי מיליוני שנים. יכול אפוא להיות וקרוב הדבר לאמת, כי העולמות ההם הנראים עתה לעינינו בעזרת קני המצפה בתבנית תחלת יצירתם כבר יצאו מכלל תקופתם זאת וכבר לבשו צורתם צורת עולמות נבראים, ואך אנחנו מאחרים לראותם בתבניתם הנוכחית בגלל אשר בטרם תגיע קרן אורם אלינו יחלפו אלפי רבוא רבבות שנה. גם קרוב לודאי הוא, כי רבים הם הכוכבים אשר אנחנו רואים אותם בעצם תמם כיום הזה ואשר רבות נעמול להתבונן אליהם, והם כבר חלפו ואינם עוד ואנחנו מקבלים שפע קרני אורם משנות קדם. עינינו רואות את השמים וכל צבאם לא בתבניתם באמת כיום הזה כי אם בתבניתם אשר היתה להם לפני זמנים שונים, יש אשר אנו רואים כוכב במקום שהיה שם לפני עשר שנים ויש אשר היה שם לפני עשרים שנה, חמשים שנה, מאה שנה, אלף שנה וכו'.

קני המצפה הגדולים והטובים אשר נתקנו בימים האחרונים גלו לעיני התוכנים המון כוכבים ממפלגה החמש עשרה ואשר מספרם יעלה לא פחות ממאה מיליונים. המספרים הולכים הלוך ועצום מאד עד כי תקצר יד מוחנו מהשיגם, וכל המספר הרב והעצום הזה כמר מדלי יחשב לעמת האין קץ.

נתאר לנו בדמיוננו את ממלכת שמשנו כי עזבנוה זה כבר מאחרינו ואנחנו נסעה ונלכה הלאה בין הכוכבים במרחביה ואת דרכנו נאחז בארח ישרה מלפנינו מבלי נטות ימין ושמאל ומהרנו לרוץ ארח עם מהירות מרוץ קרני האור ולא נעצר בדרך אף רגע, נעבור על פני המוני הכוכבים וממלכות השמשים

הנפוצים ברחבי התבל, על פני הגופים הנפלאים הנראים בערפלים ברקיע השמים, נסעה ונלכה בלי הפוגות... תעבורנה מאה שנה, אלף שנה, גם רבבות אלפי שנה תעבורנה ואנחנו לא נחדל מנסוע על כנפי דמיוננו הלאה הלאה אל עבר פנינו קדימה במהירות הבזק. באחרונה חפצים אנחנו להעצר רגע בדרך הרחוקה הזה למען התבונן לדעת איפה אנחנו נמצאים, נחקרה לדעת את קצה גבול האופק אשר ישתרע לפנינו ולמדוד את הדרך אשר עברנו בה... ומה ישתומם לבנו בקרבנו אחרי הוכחנו אז לדעת, כי בכל הדרך הרחוקה הזאת אשר עברנו עליה במשך הזמן הארוך הזה לא עשינו אף צעד אחד קדימה במרחביה, אנחנו נמצאים עוד בעת ההיא רק בפרוזדור רחבי אין קץ, ובאותו המצב אשר היינו בו בטרם נחל לנסוע אנחנו עומדים גם אחרי הנסיעה הארוכה הזאת.

המרחביה היא בלי גבול. כל מרחק אשר נתאר לנו בדמיוננו למען הצב שם קצה גבול המרחביה לא יצליח, כי כבואנו אל קצה הגבול ההוא והנה לפנינו משתרע שנית מרחק כמרחק אשר עברנו על פניו בדמיוננו וכן להלאה עד אין קץ. ואם אמנם קצר כח מושגנו להבין מרחב אין קץ בכ"ז הנקל לנו להשיג מושג אין קץ למרחביה מאשר לתאר לנו גבול למרחק, כי לא יתכן להניח אף רגע אי מציאות המרחב באיזה מקום. המושג על אדות רחבי השמים לבלי קץ יתן בלבנו דעה ובינה להכיר את רחבי אין קץ הכרה נכונה וברורה.

ומה רב ההבדל בין חוג הדעה הרחבה הזאת אשר באנו אליה להשיגה אחרי הלמודים האלה ובין חוג הדעה הקצרה אשר רגילים בני האדם בה בטרם יבינו את הלמודים האלה; מה רב ההבדל בין המושגים ע"ד התבל בין האנשים אשר יראו יביטו על השמים ומלואם רק בעיני בשר בלי התבונות ובין האנשים אשר יביטו יראו בעיני הרוח אחרי התבוננות יתרה ביסודי החכמה האמתית! השגה נשגה עתה בהחליטנו מראש, כי הלמודים האמתים האלה צריכים להיות אבן פנה לכל הלמודים והחכמות? הלא נהפלא בראותנו בני אדם רבים חיים ומתים מבלי הרגיש

עד מה על אדות התבל אשר הם נמצאים בה ולא יעלה על לבם למצא חשבון על דבר המרחביה!

בנוגע לנו הנה אנחנו משתדלים לחזק בלבנו וברוחנו את האמת אשר רכשנו לנו בעזרת עבודת מוחות החכמים זה אלפי שנה; נתאמץ להשיג ולהכיר בהכרה שלמה ונכונה את הדר גאון הטבע כראוי וכנכון ונחיה בתבונה ודעת ושמרנו את טהר הרגש ועמדנו תמיד בספירה הגבוהה ונבוז בלבנו למקרי הזמן וילדי היום אשר יתחוללו לעינינו בחיים השפלים, והיתה זאת לנו לאושר אמתי אושר אין קץ הבא לנו מן החכמה מקור החיים הגבוהים חיי הנצח . . .

תכן הענינים.

יא, כל כוכבי הלכת.

יב, כוכבי השבט, הנפילים, אבני האלגביש.

יג, הכוכבים הקבועים ועומדים.

יד, תכונת הכוכבים הקבועים וסגלותיהם.